

Leitfaden für die theoretische Ausbildung der Telegraphenbaulehrlinge und Telegraphenarbeiter

in zehn Heften

von

Fritz Raehler

Telegraphendirektor, Vorsteher des Telegraphenbauamtes Gumbinnen

Heft 5:

Elektrotechnik zweiter Teil

Mit 32 Abbildungen im Text



Verlag von S. Hirzel in Leipzig / 1925

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

Abchnitt I. Elektromagnetismus.

Der Lernende wiederhole zunächst die im Heft 2 angeführten Grundsätze über Elektromagnetismus.

Galvanometer sind elektromagnetische Meßinstrumente, bei denen die drehende Wirkung eines Stromes auf einen Magneten oder umgekehrt eines Magneten auf einen beweglichen Stromkreis (Solenoid) benutzt wird, um die Stärke und Richtung eines elektrischen Stromes zu messen. Je nachdem die erstgenannte drehende Wirkung oder die letztere angewandt wird, hat man es mit Nadelgalvanometern oder Drehspulengalvanometern zu tun.

Ein Nadelgalvanometer ist also ein Meßinstrument, bei dem die Größe und Richtung der Ablenkung einer Magnetenadel durch einen sie umfließenden elektrischen Strom ein Maßstab für die Größe und Richtung des elektrischen Stromes ist.

Nadelgalvanometer werden zum Messen von Strömen bei der DRP nicht mehr benutzt. Nur die Galvanoskope, welche aber lediglich das Vorhandensein und die Richtung eines elektrischen Stromes anzeigen sollen, sind nach diesem Grundgedanken gebaut.

Es gibt gewöhnliche und polarisierte Galvanoskope. Außerdem ist noch das Differentialgalvanoskop mit Drehspule vorhanden.

Beim gewöhnlichen Galvanoskop (Fig. 1) befindet sich ein winkelförmiger Stahlmagnet, der eine Nadel aus geschwärztem Messingblech trägt, innerhalb einer Drahtspule von etwa 600 Umdrehungen mit 15—20 Ohm Widerstand. Durch die Ablenkung des Zeigers nach rechts oder links wird das Vorhandensein eines durch die Spule gehenden elektrischen Stromes und seine Richtung angezeigt.

Beim polarisierten Galvanoskop (Fig. 2) treten dünne Drahtstücke aus weichem Eisen, die auf einer den Doppelzeiger tragenden Aluminiumscheibe aufgeklebt sind, an Stelle des Winkelmagneten. Diese Eisendrähte liegen in dem Kraftlinienfelde eines außerhalb der Galvanoskopspule angebrachten L-förmigen Stahlmagneten. Ein durch die Gal-

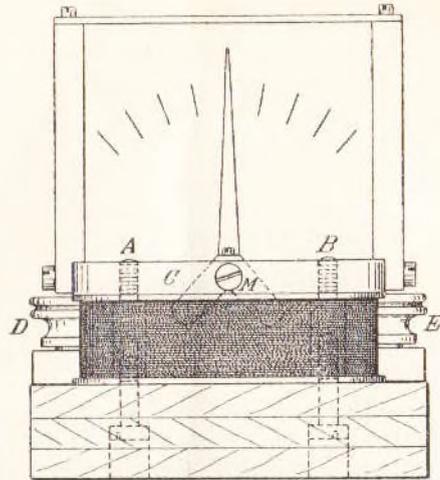


Fig. 1.

vanoskopspulen fließender Strom erzeugt neue Kraftlinien, welche diejenigen des Stabmagneten im rechten Winkel schneiden. Die Drahtstücke werden sich

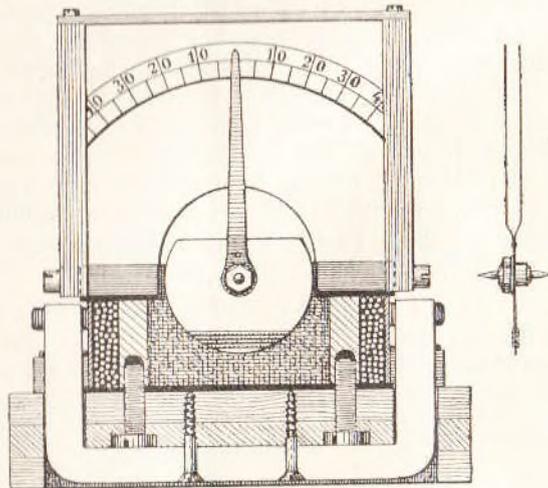


Fig. 2.

daher in der Richtung der Mittelkraft zu stellen versuchen und die Scheibe nebst dem Doppelzeiger drehen.

Drehspulengalvanometer. Wie vorher gesagt, sind bei diesen Instrumenten die stromführenden Windungen beweglich und werden durch einen starken Magneten abgelenkt. Sie haben den Vorteil gegenüber den Nadelgalvanometern, daß sie nicht vom Erdmagnetismus, größeren Metallmassen oder den Strömen naher Starkstromanlagen beeinflusst werden, da das starke magnetische Feld des die Spule umschließenden Dauermagneten jeden derartigen fremden Einfluß verhindert.

Ein gebräuchlicher Strom- und Spannungsmesser ist in Fig. 3 abgebildet. (Der Dauermagnet ist hier der besseren Übersicht wegen nur zur Hälfte gezeichnet.)

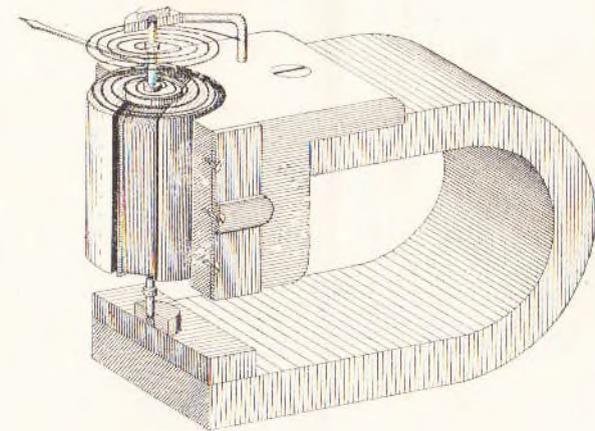


Fig. 3.

Zwischen den halbkreisförmigen Polschuh des kräftigen Dauermagneten ist ein Eisenzylinder (Stempel genannt) so befestigt, daß nur ein ganz enger Raum zwischen diesem Stempel und den Polschuh übrig bleibt. In diesem Raume kann sich ein leichter Kupferrahmen, auf dem die Drahtwindungen aufgewickelt sind, bewegen. Der Rahmen hat eine oben und unten auf Edelsteinen gelagerte Achse, an der ein Zeiger befestigt ist, der auf einer Skala spielt. Jeder Grad der Ablenkung entspricht einer Stromstärke von einem Milliampère. Die Achse ist außerdem durch zwei flache Spiralfedern an dem Gehäuse befestigt; dreht sie sich, so werden die Federn so lange gewunden, bis ihre Spannkraft der ablenkenden Stromstärke das Gleichgewicht hält.

Die als Strommesser (Ampèremeter) dienenden Galvanometer dürfen nur einen geringen inneren Widerstand haben, damit bei ihrer Einschaltung die Stromstärke nicht wesentlich durch diesen

Widerstand geändert wird. Dagegen müssen die Spannungsmesser (Voltmeter) großen Widerstand, also viele Windungen dünnen Drahtes, besitzen, denn sie können den Spannungsunterschied z. B. zwischen den Polen einer im Betriebe befindlichen Batterie nur dann richtig angeben, wenn durch ihre Umschaltung der äußere Widerstand nicht wesentlich vermindert wird.

Solche Instrumente können auch zu Widerstandsmessungen benutzt werden.

Eins der gebräuchlichsten Meßinstrumente der DRP ist das Universalmeßinstrument. Dieses ist ein Drehspulengalvanometer mit großer Dämpfung, welches mit einem Rheostaten zusammengeschaltet werden kann. Es gestattet Widerstands-, Strom- und Spannungsmessungen.

Über das Universalmeßinstrument und andere Meßinstrumente siehe Heft 9, Meßkunde.

Abchnitt II. Induktion.

Elektroinduktion. Wir haben gesehen, daß ein elektrisch geladener Körper durch Influenz auf benachbarten Leitern die entgegengesetzte Ladung hervorruft; wird er entladen, so fließen auch die influenzierten Ladungen ab.

Eine ähnliche Wirkung übt der elektrische Strom vermöge des seinen Leiter umgebenden magnetischen Kraftfeldes auf benachbarte Leiter aus.

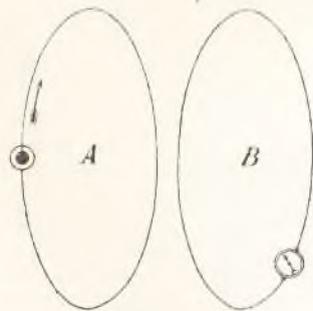


Fig. 4.

1. Wird der von einem Strom durchflossene Drahtkreis A (Fig. 4) dem ihm parallelen geschlossenen Drahtkreis B genähert, so entsteht in B ein Strom, dessen Richtung der des Stromes in A entgegengesetzt ist, wie das eingeschaltete Galvanometer anzeigt. Entfernt man darauf den Kreis A von B, so entsteht wieder in B ein Strom, diesmal aber von derselben Richtung wie in A. Die Ströme in B dauern so lange, wie die Bewegung des Kreises A andauert. — Wenn der Kreis A feststeht und B ihm genähert oder von ihm entfernt wird, so beobachtet man dieselbe Erscheinung.

2. Beide Drahtkreise stehen fest, aber in A werde der Strom abwechselnd geschlossen und geöffnet. Beim Schließen entsteht in B ein Strom von entgegengesetzter, beim Öffnen ein Strom von gleicher Richtung, jedoch in beiden Fällen nur für einen sehr kurzen Augenblick. Dies folgt aus Punkt 1; denn der Stromschluß ist gleichsam ein Heranbringen des Stromes aus unendlich großer Entfernung, das in äußerst kurzer Zeit geschieht, und das Unterbrechen ein Entfernen des Stromes.

3. Ein Strom entsteht ferner jedesmal dann in B, wenn der Strom in A verstärkt oder geschwächt wird, und zwar im ersten Fall von entgegengesetzter, im zweiten Fall von gleicher Richtung. Denn bei Zunahme der Stromstärke tritt ein neuer Stromteil hinzu, bei Abnahme der Stromstärke verschwindet ein Stromteil. Der Strom dauert in B so lange, wie sich die Stromstärke in A ändert. Der im Kreise A fließende Strom ist der primäre Strom, im Kreise B wird der sekundäre Strom induziert.

Magnetinduktion. Nimmt man statt des Kreises B eine auf einem hohlen Holzzylinder aufgewickelte Drahtspule, in deren Stromkreis ebenfalls ein Galvanoskop eingeschaltet ist, und steckt in dieselbe einen Stabmagneten, so zeigt das Galvanoskop einen Stromstoß an. Es ergibt sich durch Versuche.

Ein Magnet wirkt induzierend auf einen Stromkreis:

- a) wenn er diesem genähert oder von ihm entfernt wird, oder wenn der Drahtkreis entsprechend bewegt wird,
- b) wenn sein Magnetismus entsteht oder verschwindet (Elektromagnet),
- c) wenn sein Magnetismus verstärkt oder geschwächt wird.

Die auf die angegebene Weise in B erzeugten Ströme heißen Induktionsströme, ihre Ursache elektromagnetische Induktion.

Die Ursache der Induktionsströme ist darin begründet, daß in den aufgeführten Fällen stets der sekundäre Stromkreis B von den aus dem primären Stromkreis A oder dem Magneten stammenden Kraftlinien durchschnitten wurde. Beim Durchschneiden von magnetischen Kraftlinien werden aber elektromotorische Kräfte entwickelt. (Vgl. Heft 2.)

Die Größe und Richtung der induzierten elektromotorischen Kraft ist nun von verschiedenen Momenten abhängig. Da wir eben gesagt haben, daß die Ursache der Entstehung des sekundären Stromes das Schneiden der Kraftlinien ist, so folgt daraus, daß die elektromotorische Kraft von der Anzahl dieser Kraftlinien abhängig sein muß und außerdem wird die Geschwindigkeit der Änderung der Kraftlinien eine Rolle spielen. Es ist klar, daß

1000 Kraftlinien, die in einer Sekunde einen Draht schneiden, einen schwächeren Strom hervorbringen als dieselbe Anzahl Kraftlinien, die nur den zehnten Teil der Zeit dazu brauchen. Die Anzahl der von einem Stromkreise durchschnittenen Kraftlinien ist nun wiederum abhängig:

1. von der Stärke des Magnetfeldes, also Stärke der Magneten oder des primären Stromes;
2. von der Entfernung des sekundären Stromkreises vom primären Stromkreis oder vom Magneten, da in weiterer Entfernung das Magnetfeld schwächer ist als in der Nähe der Pole;
3. von der Beschaffenheit des primären Stromkreises, z. B. wird eine Drahtspule, die um den sekundären Stromkreis läuft, der ebenfalls die Form einer Spule hat, mehr Kraftlinien erregen als derselbe Draht lang ausgestreckt;
4. von der Länge und Form des sekundären Stromkreises (Spulen sind am besten!).

Zusammengefaßt kann gesagt werden: Die Stärke der elektromotorischen induzierten Kraft ist gleich der Anzahl der Kraftlinien, die in einer Sekunde von dem sekundären Stromkreis geschnitten werden.

Als Einheit für die Berechnung der Größe dieses Stromes hat man diejenige elektromotorische Kraft genommen, die durch das Schneiden von 100 Millionen Kraftlinien in einer Sekunde hervorgerufen wird. Diese Einheit ist 1 Volt. (Vgl. Heft 2.)

Eine Spule mit 10 Windungen, die von 100 Millionen Kraftlinien geschnitten werden, muß also an den freien Enden eine Spannung von 10 Volt haben.

100 Windungen bei der gleichen Anzahl Kraftlinien also 100 Volt, da die Spannungen der einzelnen Windungen ähnlich wie bei hintereinandergeschalteten Elementen zusammenwirken.

Was die induzierten Ströme an Spannung gewinnen, müssen sie natürlich an Stromstärke verlieren; denn ihre elektrische Energie das Produkt aus Spannung und Stromstärke, kann nicht größer sein als die Energie des primären Stromes. Ist z. B. im primären Kreise die EMK = 10 Volt und die Stromstärke = 0,1 Ampère und wird in der sekundären Spule eine Spannung von 10 000 Volt induziert, so kann die Stärke der induzierten Ströme höchstens 0,1 Milliampère betragen. Dies folgt auch daraus, daß der Widerstand des sekundären Kreises infolge der bedeutenden Drahtlänge, des geringen Querschnitts und der eingeschalteten Luftschicht ein sehr hoher ist. In der Spule wächst der Widerstand mit der Windungs-

zahl, also in demselben Verhältnis wie die EMK, die sekundäre Spule verhält sich demnach, wie schon vorher gesagt ist, als Stromquelle ebenso wie eine Batterie von hintereinander geschalteten Elementen, indem jede Drahtwindung einem Element entspricht.

Die Richtung des induzierten Stromes ist schon vorher erwähnt. Sie ist bei Induktion durch einen elektrischen Strom beim Schließen dem primären Strom entgegengesetzt und beim Öffnen dagegen gleichgerichtet.

In allen Fällen hat der induzierte Strom eine solche Richtung, daß er durch seine elektromagnetische Wirkung auf den induzierenden Strom oder Magnet diesem die entgegengesetzte Bewegung erteilen würde, oder daß er die Bewegung, durch welche er zustande kommt, zu hindern sucht (Regel von Lenz). Denn bei Annäherung des Kreises B an A (Fig. 4) stößt der in B entstehende entgegengesetzte Strom den Strom in A ab, bei Rückwärtsbewegung von B zieht der gleichgerichtete Induktionsstrom den primären an, usw. Bei der Bewegung des Leiters B im magnetischen Felde des Stromes A ist demnach ein Widerstand zu überwinden; die hierzu aufgewendete mechanische Arbeit verwandelt sich in die elektrische Energie des Induktionsstroms.

Es gibt eine einfache Gedächtnisregel, um sich die Richtung des durch einen Magneten induzierten Stromes zu merken. Dies ist die sogenannte Dreifingerregel (Flemmingsche Regel).

Austrittende Kraftlinien bringen immer einen Strom hervor, der in der Richtung des Uhrzeigers fließt, wenn der Drahtkreis in der Richtung der Kraftlinien angesehen wird.

Vgl. dazu Heft 2. Uhrzeigerregel: „Ein Strom, der um einen Eisenstab im Sinne des Uhrzeigers fließt, erregt einen Südpol, in umgekehrter Richtung also einen Nordpol.“

Die Dreifingerregel lautet: Hält man die rechte Hand so, daß der Daumen in die Richtung der Bewegung des induzierten Leiters, der Zeigefinger in die Richtung der Kraftlinien zeigt, so wird der senkrecht zur Handfläche gestreckte Mittelfinger die Richtung des induzierten Stromes angeben.

(Daumen und Zeigefinger liegen in einer Ebene. Der Mittelfinger ist senkrecht dazu gestellt. Die Reihenfolge kann man sich an dem Wort: „Bekaffine“ merken: B — K — S. Bewegung — Kraft — Strom.)

Es lassen sich einfache Versuche als Beweis für die Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität anstellen.

Am einfachsten ist zu beweisen, daß ein elektrischer Strom Magnetismus erzeugt. Jeder kennt den Elektromagneten, der bei

Stromdurchgang durch die Spule das Anziehen des Ankers bewirkt. Andererseits kann man durch Hineinstecken eines kräftigen Magneten in eine Spule mit vielen Umwindungen, deren Stromkreis man über ein empfindliches Meßinstrument schließt, beweisen, daß ein Strom bei dem Hineinstecken und beim Herausziehen des Magneten in der Spule entsteht. Es ist ein Ausschlag an dem Meßinstrument wahrzunehmen.

Abchnitt III. Induktionsapparate.

Die Umformer oder Transformatoren sind Doppelspulen mit Eisenkern. Man unterscheidet Hinaufumformer, d. h. Transformatoren, die einen Strom mit niedriger Spannung in einen Strom mit höherer Spannung umformen, und Hinabumformer, welche umgekehrte Dienste leisten. Ein Umformer, der höhere Spannungen im Sekundärstromkreis erzeugen soll, muß wenige Windungen starken Querschnitts als primäre Spule und viele Windungen geringen Querschnitts als sekundäre Spule besitzen. Beim Hinabumformer ist es umgekehrt.

Ein Hinaufumformer ist der in nachfolgender Fig. 5 abgebildete Induktionsapparat, der ebenfalls eine Doppelspule mit Eisenkern enthält.

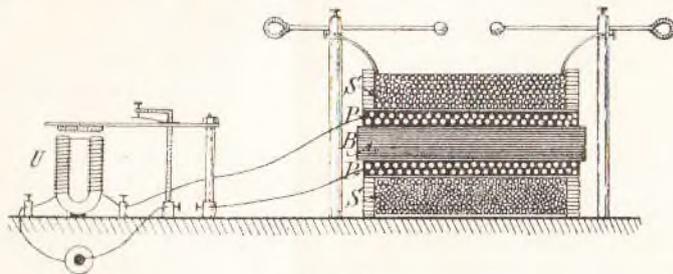


Fig. 5.

Es ist hier deutlich zu sehen, daß die primäre Spule P aus wenigen Windungen dicken Drahtes, die sekundäre aus vielen Windungen dünnen Drahtes besteht. Der aus der Batterie kommende Gleichstrom wird durch einen Unterbrecher — wie beim Gleichstromanker — unterbrochen oder zerhackt. In der sekundären Spule entstehen hochgespannte Wechselströme, die als Funken zwischen den Kugeln überspringen. (über Anwendung des Induktionsapparates bei der Funken-telegraphie siehe späteren Abschnitt.)

In der Starkstromtechnik werden die Umformer benutzt, um den durch die Dynamomaschine erzeugten Strom von großer Stärke, aber verhältnismäßig niedriger Spannung, in Ströme von hoher Spannung und geringer Stärke umzuformen, damit während der Überleitung des Stroms von der Kraftstation zu den Verbrauchsstellen keine zu großen Verluste entstehen.

Man könnte diese Verluste auch verringern, indem man Leitungsdrähte sehr großen Querschnitts verwendet. Dies ist aber zu teuer.

An der Verbrauchsstelle wird der hochgespannte Strom (meistens 15 000 Volt) auf 220 oder 380 Volt herabtransformiert und dann zur Lichtversorgung oder zum Betriebe der elektrischen Maschinen verwendet.

Die Induktionsspule des Mikrophons ist nichts weiter als solch ein Umformer. Die verhältnismäßig niedrigen Spannungen im ZB-Betriebe gestatten es nicht, den Mikrophonstrom direkt in die Leitungen zum andern Teilnehmer zu senden. Es würde so viel Spannungsverlust eintreten, daß eine Verständigung nicht möglich wäre. Daher muß ein Hinauftransformieren des Mikrophonstroms stattfinden.

Die Induktionsspule des Mikrophons älterer Bauart hatte als primäre Spule einen 0,5 mm starken isolierten Draht in zwei bis drei Lagen von etwa 300 Umwindungen, die durch eine Papierhülle getrennt, auf einem Kern von Drähten aus weichem Eisen gewickelt waren und etwa 1 Ohm Widerstand besaßen. Die sekundäre Spule hatte 5300 Umwindungen von 0,2 mm starkem isolierten Draht mit 200 Ohm Widerstand.

Die neuerdings verwandte Induktionsspule ZB 20 hat einen geschlossenen Eisenkreis, d. h. die Enden der Eisendrähte sind miteinander verbunden, so daß den magnetischen Kraftlinien ein geschlossener Weg im Eisen geboten wird. Die primäre Wicklung hat 1,6 Ohm und die sekundäre 35 Ohm Widerstand.

Ein ZB-Betrieb bedingt die Speisung durch die Zentralbatterie einer Schaltung, in der das Mikrophon unmittelbar im Stromkreise zum Amte liegt. Da hier auch höhere Spannungen, 24 Volt, verwendet werden, spielt der Spannungsabfall keine große Rolle. Es ist kein Hinaufumformen des Mikrophonstromkreises erforderlich. (Vgl. Abschnitt über Mikrophon und Schaltungen dazu.)

Aus diesem Grunde wird beim ZB-Betriebe eine Induktionsspule verwendet, die keine so großen Unterschiede zwischen den Widerstandswerten der primären und sekundären Spule hat. Die Spule ZB 21 besitzt einen geschlossenen Eisenkreis, eine primäre Wicklung mit 24,5 Ohm und eine sekundäre Wicklung von 27,5 Ohm.

Die Einschaltung der Spule wäre für den Mikrophonstromkreis beim ZB-Betriebe eigentlich gar nicht notwendig. Sie wird aber gebraucht, um die ankommenden Sprechströme, die durch die primäre Spule gehen, in den sekundären Stromkreis, in dem der Fernhörer liegt, zu übertragen. Ähnliche Verhältnisse liegen beim SA-Betriebe — Schleifenschaltung — vor. (Vgl. Heft 9.)

Der Fernsprechübertrager ist ein Transformator mit primären und sekundären Spulen von gleicher Windungszahl. Die Sprechströme werden also in jeder Richtung gleichmäßig übertragen. Ein Höher- oder Niedriger-Umformen findet dabei nicht statt. Die Fernsprechübertrager dienen zur Verbindung einer Einzelleitung mit einer Doppelleitung (um die Doppelleitung nicht mit der Erde in Verbindung zu bringen) oder einer Anschlußleitung mit einer Fernleitung (zur besseren und störungsfreieren Sprechverständigung).

Der einschlenkige Übertrager wird nicht mehr beschafft. Der

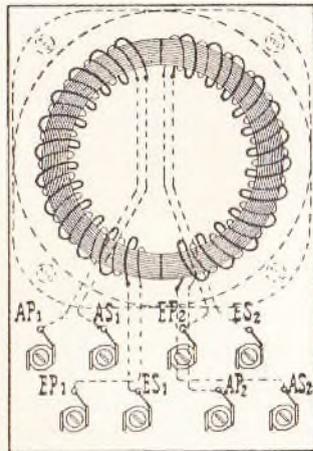


Fig. 6.

Ringübertrager V kleiner Form besteht aus einem ringförmig in sich geschlossenen Eisenkern in Form eines Drahtbündels, auf dem 4 Spulen aufgewickelt sind (vgl. Fig. 6). Die Spulenden sind auf der Grundplatte des Apparats an 8 Lötösenklammern befestigt, die mit AP_1 , AS_1 , EP_1 , ES_1 , AP_2 , AS_2 und EP_2 , ES_2 bezeichnet sind. A bedeutet Anfang der Wicklung, E Ende derselben, P heißt primär, S sekundär; das Anhängsel 1 oder 2 bezeichnet die linke oder rechte Hälfte. Die 4 Spulen bestehen aus je 1600 Windungen seideumspinnenen Kupferdrahts; jede Spule hat einen Widerstand von 21 Ohm.

Die Wirkungsweise eines Übertragers ist aus Fig. 7 ersichtlich.

Wirbelströme. Die primäre Spule eines Induktors induziert Ströme nicht nur in den sekundären Drahtwindungen, sondern auch im Eisenkern, wenn dieser massiv ist. Letztere Ströme bilden geschlossene Kreise um die Längsachse des Kerns herum, man nennt sie daher Wirbelströme (oder nach ihrem Entdecker: Fou-

caultsche Ströme). Die zur Erzeugung der Wirbelströme vom primären Strom aufgewendete Energie stellt einen Verlust dar, den man möglichst zu vermeiden sucht, indem man das Zustandekommen solcher Ströme verhindert. Dies geschieht dadurch, daß man statt eines massiven Eisenstabes als Kern ein Bündel feiner Eisendrähte verwendet, die zur Verhütung einer metallischen Berührung mit Lack überzogen sind.

Wirbelströme finden zur Dämpfung der Magnetnadel in Galvanometern auch nützliche Verwendung. Schwingt nämlich ein

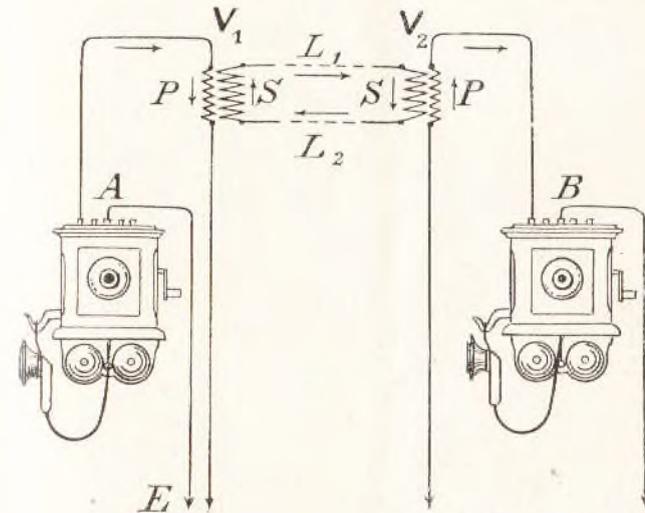


Fig. 7.

Magnet über einer Kupferplatte oder innerhalb einer kupfernen Kugel, so induziert er im Kupfer Ströme, die auf seine Bewegung hemmend einwirken, und kommt infolgedessen schneller zur Ruhe.

Selbstinduktion, Induktivität. In derselben Weise wie auf benachbarte Leiter wirkt jeder Strom auch auf seinen eigenen Leiter induzierend, wenn er entsteht oder verschwindet, oder wenn seine Stärke sich ändert. Diese induzierende Wirkung heißt Selbstinduktion, der durch sie hervorgerufene Strom **Extrastrom** (oder auch **Gegenstrom**).

Beim Entstehen erzeugt jeder Strom einen entgegengesetzt gerichteten Schließungsstrom, der sein Entstehen zu hindern strebt und zur Folge hat, daß der Strom nicht sofort seinen dem Ohmschen

Gesetz entsprechenden Wert erreicht, sondern eine gewisse Zeit zum Anwachsen braucht. Beim Unterbrechen des Stromes entsteht ein Öffnungsextrastrom von gleicher Richtung, der den plötzlichen Abfall der Stromstärke zu hemmen sucht. Der Extrastrom beim Öffnen hat eine viel höhere Spannung als der beim Schließen und vermag u. A. eine dünne Luftschicht in einem Funken zu durchbrechen. Die an der Unterbrechungsstelle eines Stromkreises häufig zu beobachtenden Funken rühren vom Extrastrom her. Die Selbstinduktion ist gering in geradlinigen Leitern, stark dagegen in Drahtspulen, weil jede Windung auf alle anderen induzierend einwirkt. Auch hängt sie von der Magnetisierbarkeit des Leiters ab, sie ist in Eisendrähten stärker als in Kupferdrähten. Sie ist ferner um so größer, je rascher der Hauptstrom seine Stärke ändert.

Ein Apparat mit besonders kräftiger Selbstinduktion ist die Induktanzrolle, auch Drosselspule, Graduator oder Gegenstromrolle genannt, bestehend aus einer Drahtspule von 600 oder 1000 Ohm Widerstand, mit einem Kern und einem Mantel von dünnen Eisendrähten; Kern und Mantel sind an den beiden Endflächen durch Eisenscheiben verbunden, die mittels eines Bolzens und einer Schraubenmutter aufgedreht werden. Induktanzrollen finden u. a. beim Betriebe längerer unterirdischer Telegraphenleitungen Verwendung, um die starken Entladungsströme zu vernichten. Das eine Rollenende ist dabei mit der Leitung, das andere mit der Erde verbunden. Bei Stromschluß geht ein Zweigstrom durch die Rolle zur Erde; beim Unterbrechen des Stromes liefert die Rolle einen starken Öffnungsextrastrom von der Richtung des Betriebsstromes, welcher den entgegengesetzt gerichteten, aus dem Kabel kommenden Entladungsstrom aufhebt.

Die Drosselspulen haben ihren Namen daher, daß sie Wechselströme (Sprechströme) „abdrosseln“. Dadurch, daß der entstehende Gegenstrom dem Anwachsen des primären Stromes entgegensteht, verhindert er bei den kurzen Wechselstromstößen das Durchfließen der Drosselspule durch die Wechselströme.

Vgl. damit die entgegengesetzte Wirkung eines Kondensators, der Gleichströme abriegelt, aber Wechselströme ungehindert durchläßt.

Die bifilare Wicklung einer Drahtrolle soll die Selbstinduktion der Rolle aufheben. Der Draht ist „bifilar“ gewickelt, wenn er zu einer Schleife gelegt und diese aufgespult ist. Der Strom hat dann in der zweiten Hälfte des Umwindungsdrahts die entgegengesetzte Richtung wie in der ersten, so daß die magnetisierenden Wirkungen beider Hälften sich aufheben. Aber auch die induzierenden Wirkungen beider Hälften heben sich auf, da

neben jeder einzelnen Windung der ersten Drahthälfte die entsprechende Windung der zweiten Hälfte liegt und in allen übrigen Windungen eine gleich große, aber entgegengesetzte EMK induziert wie jene. Bifilar sind die Widerstandsrollen der Rheostaten gewickelt, weil diese Rollen keine Selbstinduktion, sondern einen Widerstand haben dürfen.

Abchnitt IV.

Induktion zwischen elektrischen Leitungen.

Nach den Gesetzen der Induktion wirkt eine Telegraphen- oder Fernsprechleitung auf alle anderen parallel zu ihr an demselben Gestänge oder in demselben Kabel geführten Leitungen induzierend ein. Je größer die Änderung des primären Stromes ist, und je schneller sie vor sich geht, je näher die Drähte aneinanderliegen und je länger sie parallel laufen, desto stärker ist die induktorische Einwirkung, und um so empfindlicher kann sie stören.

An den Telegraphenapparaten ist die Induktion aus Nachbarleitungen gewöhnlich nicht wahrnehmbar, höchstens macht sie sich beim Hughesgegenprechen und beim Rekorderbetrieb in langen Kabeln während bemerkbar. Schaltet man dagegen in eine Telegraphenleitung einen Fernhörer ein, so sind die in den benachbarten Leitungen gegebenen Morse- und Hugheszeichen deutlich zu hören, und zwar oft so stark, daß eine Verständigung mit Fernsprechapparaten kaum möglich ist. Bei der großen Empfindlichkeit des Fernhörers üben auch Fernsprechleitungen, besonders eindräftige, aufeinander störende Induktionswirkungen aus, wenn sie auf längeren Strecken nebeneinander verlaufen. Man kann dann auf der einen Leitung mehr oder minder gut verstehen, was auf den anderen Leitungen gesprochen wird; es findet in jeder Leitung ein „Mitsprechen“ mit den übrigen Leitungen statt.

Schutzmaßnahmen gegen Induktionsstörungen. Die beiden Drähte (a und b) einer Doppelleitung sind von entgegengesetzten Strömen durchflossen. So wird also jeder Draht auf eine andere Doppelleitung eine influzierende Wirkung ausüben, die aber entgegengesetzt ist. Dieselbe Induktion wird umgekehrt von der zweiten Doppelleitung auf die erste getätigt. Wenn man nun beide Doppelleitungen so gruppiert, daß der a-Draht der ersten Leitung von dem a- und b-Draht der zweiten ebenso weit entfernt ist, wie der b-Draht der ersten Leitung von den a- und b-Drähten der

zweiten Leitung, dann müssen sich die entgegengesetzten induzierenden Kräfte aufheben; es kann also kein Mitsprechen stattfinden.

Zwei an einem Gestänge geführte Doppelleitungen können daher keine Induktion aufeinander ausüben, wenn sie die in nachstehender Fig. 8 gezeichnete Lage haben. Die 4 Drähte bilden dabei die Eckpunkte eines Rhombus, und es sind je die gegenüberliegenden Drähte zu Schleifen verbunden. Die Ebenen der beiden Schleifen stehen senkrecht aufeinander, die Drähte der Schleife I haben von den Drähten der Schleife II überall gleichen Abstand. Im Draht a hat der Strom stets die umgekehrte Richtung wie im

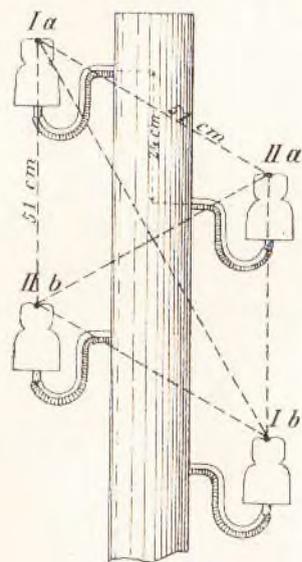


Fig. 8.

Um mehr als 2 Schleifen an einem Gestänge befestigen zu können, werden sie auf Querträgern so gruppiert, daß die beiden Drähte jeder Schleife mit nur 20 cm Abstand nebeneinander laufen und jede Schleife von der nächsten durch einen möglichst großen Abstand getrennt ist. Dann sind beide Drähte der Schleife 1 von einem Draht der Schleife 2 annähernd gleichweit entfernt, und ihre Induktionwirkungen auf einen andern Schleifendraht heben sich zum größten Teil auf.

Diese Anordnung allein ist aber nicht wirksam, wenn an demselben Gestänge Telegraphenleitungen oder Viererschaltungen betrieben werden, oder wenn in den Fernsprechleitungen durch benachbarte Starkstrom- (bes. Hochspannungs-) Leitungen Nebengeräusche hervorgerufen werden. Es müssen dann besondere Gruppierungen, die in den sogenannten Induktionsschutzplänen festgelegt sind, vorgenommen werden. Der Grundgedanke dieser Induktionsschutzpläne ist, daß die a- und b-Drähte jeder Doppelleitung in bestimmten Abschnitten miteinander auf ihren Plätzen kreuzen (Schleifenkreuzungen) und außerdem die Doppelleitungen selbst

Draht b jeder Schleife. Infolgedessen wirken die Drähte a und b der einen Schleife genau gleich stark, aber in entgegengesetztem Sinne induzierend auf jeden Draht der andern Schleife; es kann daher in der andern Schleife kein Induktionsstrom zustande kommen. Von dieser Gruppierung wurde früher Gebrauch gemacht.

ebenfalls in bestimmten Abständen ihre Plätze wechseln (Platzwechsel).

Die Kreuzungen und Platzwechsel werden gemäß den Induktionsschutzplänen eingebaut. Über ihre Ausführung siehe Heft 3 oder TZO Abschn. 2.

Die Adern der Fernsprechkabel liegen dicht nebeneinander, induzieren sich also sehr stark. Deshalb werden zwei zu einer Schleife gehörige Adern spiralförmig umeinander gewunden (verdriht). Beide Drähte haben daher im Durchschnitt genau dieselbe Lage zu irgendeinem anderen Draht im Kabel und beeinflussen diesen gleich stark, aber im entgegengesetzten Sinne. Ein Mitsprechen darf daher im ordnungsmäßig hergestellten Kabel nicht stattfinden.

(Über den Bau der Kabeln siehe Heft 6.)

Abschnitt V.

Apparate für Fernsprechzwecke.

Das Mikrophon.

Im nachfolgenden wird nur das Kohlenkörnermikrophon von Wert beschrieben, weil dieses jetzt ausschließlich bei der DRP im Betriebe verwendet wird. Es besteht aus Mikrophonkapsel, Kapselbehälter, Deckel und Schalltrichter und ist an einem beweglichen Träger befestigt. Kapsel, Behälter und Deckel sind aus vernickeltem Messingblech gefertigt. In der Mikrophonkapsel K (Fig. 9) ist auf der Bodenfläche unter Hartgummifolierung eine Kohlenplatte S (Fig. 10) aufgeschraubt, die auf der oberen Fläche

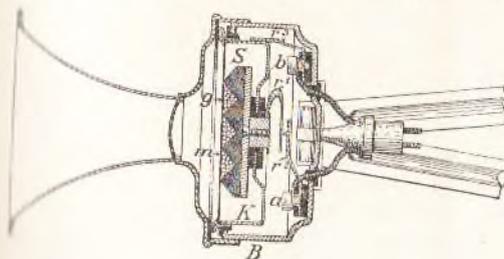


Fig. 9.

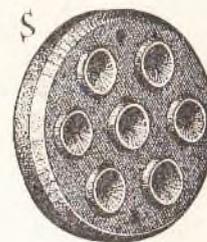


Fig. 10.

7 runde Mulden zur Aufnahme von je 8 oder 9 kugelförmigen Kohlenkörnern g enthält. Die Muldenränder treten über die Oberfläche hervor, damit herausfallende Kohlenkörner sich nicht zwischen Scheibe und Membran festklammern. Den Abschluß der Kapsel bildet die außen lackierte, durch einen Sprengring befestigte Kohlenmembran m. Auf der Rückseite der Kapsel sitzt, gegen diese isoliert, die Ringsfeder r¹, die mit der Kohlenplatte S durch die

Befestigungsschraube in leitender Verbindung steht. Gegen die Feder r^1 legt sich die am Behälter B isoliert angebrachte Feder r^2 , an deren Klemme a ein Zuführungsdraht endigt. Die zweite Zuführungsklemme b ist ebenfalls durch eine Gummizwischenlage gegen den Mikrophonbehälter isoliert, steht aber durch die Feder r^3 mit der Mikrophonkapsel in Verbindung. Die Mikrophonkapsel wird in den Behälter hineingedrückt, wobei sie sich an die Feder r^3 und ihre Feder r^1 sich an r^2 legt, und darauf der Deckel mit Bajonettverschluß vor ihr befestigt. Der Deckel hat in der Mitte eine kreisrunde Öffnung, in die der schwarz lackierte Schalltrichter und ein siebartig durchlöchertes Schutzblech eingesetzt sind.

Gegen den Behälter B ist die Kapsel durch eine Gummizwischenlage isoliert, so daß jener an der Stromleitung nicht teilnimmt. Der Stromweg führt von Klemme a über die Federn r^2 und r^1 zur Kohlenscheibe S und weiter über die Kohlenkörner g, die Kohlenmembran m, die Kapsel K und die Feder r^3 zur Klemme b.

Die Wirkungsweise des Mikrophons ist folgende: Die Mikrophonbatterie liegt mit einem Pol an der Kohlenmembran m (über b-Mikrophonkapsel), mit dem andern Pol an der Kohlenscheibe (über a, r^2 und r^1). Gelangen nun die Schallwellen der Sprache durch den Sprechtrichter an die Kohlenmembran, so wird diese durch die Schallwellen bewegt. Hierdurch drückt die Membran gegen die Kohlenkörner oder entfernt sich von ihnen. Dies geschieht im Takte der Schallwellen. Wenn die Membran gegen die Kohlenkörner gedrückt wird, läßt der Widerstand zwischen den Körnern und der Membran nach, es geht also ein verhältnismäßig stärkerer Strom durch das Mikrophon, als wenn die Membran in Ruhe ist, oder sogar von den Kohlenkörnern entfernt wird. Diese Widerstandsänderungen im Mikrophonstromkreise verursachen also auch dementsprechende Änderungen der Stromstärke. (Ohmsches Gesetz!) Wir erhalten daher einen Strom von wechselnder Stärke (Wellenstrom), der genau dem Wechsel der Schallwellen entspricht. Dieser Wellenstrom wirkt auf den Fernhörer wie ein Wechselstrom und erzeugt dort wechselnden Magnetismus, der die Eisenplatte in Schwingungen versetzt, die wiederum den Schallwellen vor dem Mikrophon entsprechen müssen. Die Bewegung der Eisenplatte erzeugt nun Schallwellen, welche den ersten Schallwellen gleich sein müssen. Man hört also dieselben Töne, welche in das Mikrophon gelangt sind.

Selbstverständlich sind die Stromwellen entsprechend den wirkenden Schallwellen bei der Übertragung von gesprochenen Worten oder Klängen viel komplizierter als angegeben, es war vorher nur die Übertragung eines einfachen Tones, z. B. einer Stimmgabel, angenommen worden. Auch ist die Umformung durch die Induktionspule beim OB-Betrieb als nicht wesentlich zur Erklärung des Grundgedankens fortgelassen worden.

Schaltung des Mikrophons. Je nach der Art der Speisung des Mikrophons mit elektrischem Strom unterscheidet man Ortsbatterie-Betrieb (OB-Betrieb) oder Zentralbatterie-Betrieb (ZB-Betrieb). Beim OB-Betrieb erhält jede Sprechstelle eines Teilnehmers eine besondere Mikrophonbatterie; für die Mikrophone der Fernsprechvermittlungsanstalten finden entweder Einzelbatterien für jeden Schrank oder eine gemeinsame Sammlerbatterie Verwendung. Beim ZB-Betrieb erhalten die Teilnehmerstellen ihren Mikrophonspeisestrom aus der gemeinsamen Zentralbatterie des Amtes (24 Volt); die kostspielige Beschaffung und Unterhaltung der Einzelbatterien fällt weg.

Beim SL-Betrieb werden die Mikrophone auch aus der Zentralbatterie (60 Volt) gespeist.

Beim OB-Betrieb (Fig. 11) liegt das Mikrophon M nicht un-

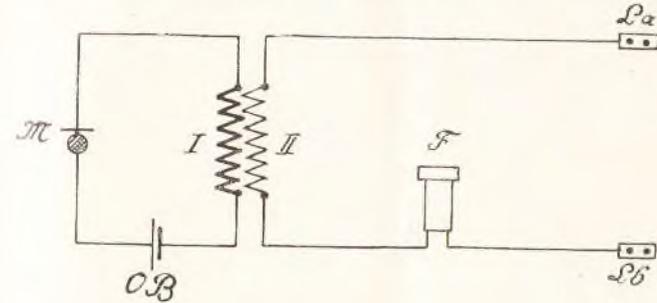


Fig. 11.

mittelbar in der Leitung, sondern mit einer Ortsbatterie OB zusammen im primären Stromkreis I einer Induktionspule; der sekundäre Stromkreis II ist mit der Leitung L a/b und dem Fernhörer F verbunden.

Dies geschieht aus folgenden Gründen. In der Leitung spricht man bald über mehr, bald über weniger Widerstand hinweg; dementsprechend würde auch die Stromstärke der unmittelbar in die Leitung geschalteten Mikrophonbatterie schwanken, während das Mikrophon, um gut zu wirken, eine bestimmte Stromstärke braucht. Ferner hängen die von den schwingenden Kontakten erzeugten Stromwellen wesentlich von dem Verhältnis ab, in welchem die Widerstandsänderungen an den Kontakten zum Gesamtwiderstand stehen. Nehmen wir einen Stromkreis von 10 Ohm Widerstand mit 1 Kupferelement an, in dem also 0,1 Amp. Strom fließt, so hat eine Zu- oder Abnahme des Mikrophonwiderstandes um 1 Ohm eine Ab- bzw. Zunahme der Stromstärke um rund 0,01 Amp. zur Folge. Hat aber der Stromkreis 1000 Ohm Widerstand, so bringt eine Widerstandsänderung

um 1 Ohm nur Schwankungen des 0,001 Amp. starken Stromes um 0,000 001 Amp. hervor, und wenn auch der Strom durch Verstärkung der Batterie wieder auf 0,1 Amp. gebracht würde, so betrügen die Schwankungen doch nur 0,0001 Amp. Es würden also keine merkbaren Stromschwankungen entstehen.

(Vgl. außerdem Abschnitt Induktionspule.)

Beim ZB-Betrieb (Fig. 12) liegt im Mikrophonstromkreis die Stromquelle ZB, das Mikrophon M, die primäre Wicklung I der Induktionspule und der Widerstand der ganzen Leitung L_a/b ; im sekundären Stromkreis II der Fernhörer F der Sprechstelle, der mit der sekundären Spule II in einen Ortsstromkreis geschaltet ist.

Da im Mikrophonstromkreis die Spannung der ZB-Batterie im allgemeinen 24 Volt beträgt und außerdem der ganze — bei langen Anschlußleitungen nicht unbeträchtliche — Widerstand der Anschlußleitung hinzukommt, können die im OB-Betrieb üblichen Mikrophone mit niedrigem

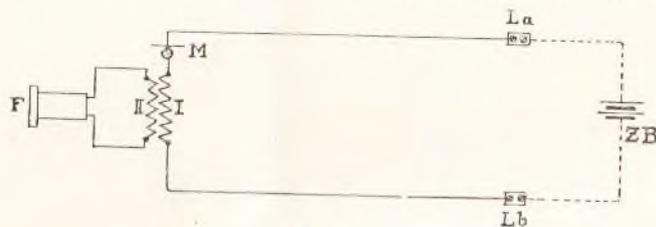


Fig 12

Widerstände nicht verwendet werden, weil sie kaum wesentliche Stromschwankungen und daher auch nicht die genügende Lautstärke erzeugen würden. Man gibt aus diesem Grunde dem ZB-Mikrophon einen höheren Eigenwiderstand. Es wird das Kohlengrusmikrophon verwendet, welches statt der Kohlenkörner Kohlengrus enthält. Dieses Mikrophon besitzt den etwa 10fachen Widerstand eines gewöhnlichen Körnermikrophons, also 250 bis 400 Ohm.

Fehler in den Mikrophonen sind auf mangelhafte Mikrophonkontakte, verbogene, oder gesprungene Membrane, abgebrochene oder locker gewordene Verbindungsdrähte, beschädigte Wicklungen der Induktionspule oder mangelhafte Batteriekontakte zurückzuführen.

Der Telegraphenarbeiter soll beschädigte Mikrophone gegen gebrauchsfähige auswechseln und die beschädigten zur Instandsetzung der Apparatewerkstatt zuführen.

Der Fernhörer dient als Empfangsapparat im Fernsprechbetriebe.

Er enthält als Hauptbestandteil einen polarisierten Elektromagnet, dessen Anker eine gespannte Eisenmembran bildet. Der Fernhörer bewirkt die Umwandlung der ankommenden Sprechwechselströme in Schallwellen dadurch, daß der Magnetismus durch die Wechselströme in schneller Folge abwechselnd verstärkt und geschwächt wird, und damit im gleichen Takt die auf die Membran ausgeübte Anziehung zu- und abnimmt. Die Membran gerät daher in ähnliche Schwingungen wie die Sprechplatte des gebenden Mikrophons, und diese Schwingungen übertragen sich durch die Luft als Schallwellen auf das Ohr des Hörenden.

Der Fernhörer M 00 (Fig. 13 und 14).

Das Magnetssystem ist in einer Kapsel von vernickeltem Messing untergebracht, die vorn durch einen als Hörrohr dienenden Holzring abgeschlossen ist. Zwei halbkreisförmige magnetische Ringscheiben A und B aus bestem Wolframstahl sind, mit ihren gleichnamigen Polen zusammenstoßend, zu einem Ringe zusammengelegt und durch die Unterlegeplatten der Polschuhe verbunden. Die Polschuhe aus weichem Eisen haben eine elliptische Form und sind zur Verhütung von Wirbelströmen in vier Teile gespalten. Die Umwindungen bestehen aus 0,1 mm starkem, isoliertem Kupferdraht mit einem Gesamtwiderstand von etwa 200 Ohm und sind durch einen grünen Seidenüberzug geschützt. Die Membran, eine verzinnete, 1/4 mm starke Eisenblechplatte, ist auf der Messingkapsel befestigt. Durch eine Reguliervorrichtung kann das ganze Magnetssystem der Membran genähert oder von ihr entfernt werden.

Die Leitungsschnur der Fernhörer

enthält zwei Adern, die in dem mittleren, etwa 70 cm langen Teil durch Umklöppelung mit brauner Wolle zusammengewirkt sind. Die Adern bestehen, um sie recht biegsam zu machen, aus Lahnfäden. Jede Ader wird aus 18 Lahnfäden gebildet. Der Lahnfaden wird dadurch hergestellt, daß ein dünner, schmaler Kupferstreifen um einen Glanzgarnfaden spiralförmig gewickelt wird. Die 18 so gebildeten Lahnfäden werden zu einem Seilchen zusammengedreht und in zwei Lagen mit vier blanken Kupferdrähten bewickelt. Nunmehr erhält jede Ader eine Beklöppelung von Baumwolle und dann die eine Ader in ihrer ganzen Länge und die andere Ader nur an den Enden eine Beklöppelung von brauner Senappewolle. Damit die Leitungsadern ohne Schwierigkeiten mit den Klemmen verbunden werden können, sind an den Enden Ösen herzustellen.

Fehler in den Fernhörern. Am häufigsten treten Unterbrechungen in den Leitungsschnüren oder Kurzschlüssen und Unterbrechungen in den Wicklungen der Polschuhe auf; weniger häufig sind Verbiegungen der Membran. Bei Sprechstellen in feuchten Räumen können auch verrostete Membrane die Ursache mangelhafter Verständigung sein.

Die Fernhörer werden auf Betriebsfähigkeit geprüft, indem man die Schnurenden an die Pole eines guten Elements legt und beobachtet, ob hierbei ein scharfes Knacken entsteht. Das Knacken

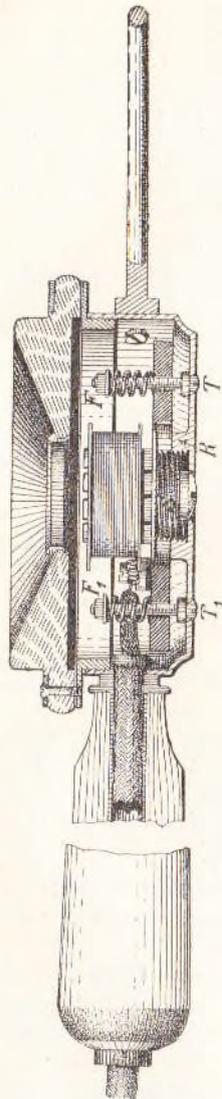


Fig. 13.

haften Stelle durch ein Knacken oder Rauschen im Fernhörer bemerkbar.

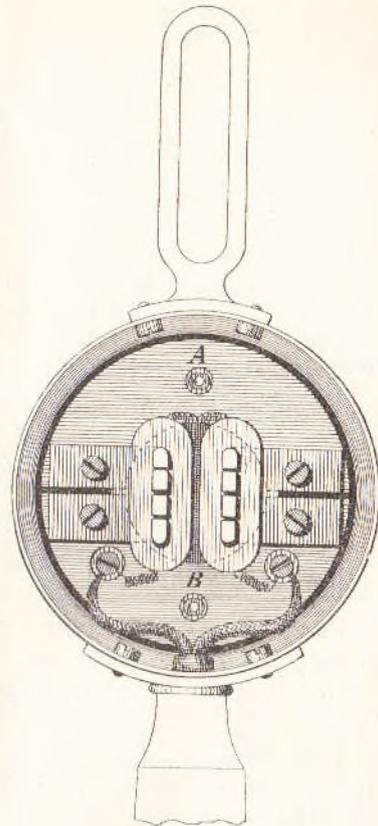


Fig. 14.

zeigt an, daß der Fernhörer samt Leitungsschnur in Ordnung ist. Ist der Fernhörer zeitweise stromlos und darauf wieder betriebsfähig, so liegt der Fehler in der Regel in der Leitungsschnur. Man muß dann bei Prüfung der Leitungsschnur durch Einschaltung eines Elements die Schnur an allen Stellen hin und her biegen; die Unterbrechung macht sich beim Biegen der fehler-

Vielfach ist auch eine fehlerhafte Einstellung die Ursache der mangelhaften Verständigung. Um den Fernhörer richtig einzustellen, werden Membran und Polschube mit Hilfe der Reguliervorrichtung einander so genähert, daß eine hörbare Anziehung der Membran erfolgt. Hierauf werden die Polschube so weit zurückgenommen, daß ein hörbares Zurückschnellen der Membran eintritt. Nach Erfordernis wird der hierdurch zwischen Membran und Polschuben erzielte Abstand noch um eine Kleinigkeit vergrößert.

Für Tischapparate werden Mikrophon und Fernhörer in einem Handapparat vereinigt.

Abchnitt VI.

Magnetinduktoren.

Zur Erzeugung von Wechselströmen (Ausströmen) wird ein Kurbelinduktor bei den OB-Apparaten eingebaut. Der Kurbelinduktor ist ein Magnetinduktor, also eine magnetelektrische Maschine.

Der dreilamellige Kurbelinduktor M 98 (Fig. 15)

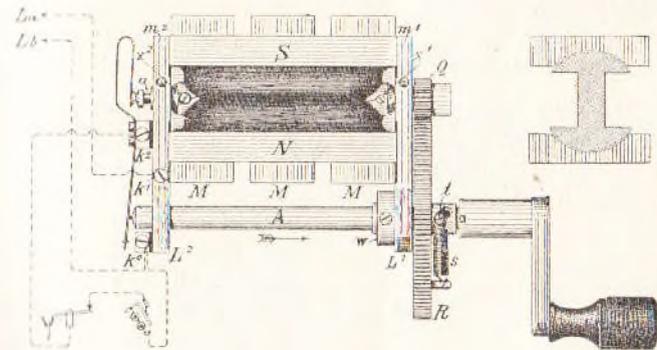


Fig. 15.

besteht aus 3 Hufeisenmagneten mit Polschuben. In den Aushöhlungen dieser Polschube ist ein Anker mit I-förmigem Querschnitt, der mit vielen Windungen dünnen, isolierten Kupferdrahtes umgeben ist, drehbar. Der Antrieb geschieht mittels einer Kurbel und Zahnrädern. Eine Feder bringt die Kurbelachse in die Ruhelage zurück.

Zur besseren Erklärung der Stromerzeugung diene nachstehende Fig. 16. Der Vorgang im Induktor ist folgender:

Die Hufeisenmagnete erzeugen zwischen ihren Polschüben ein kräftiges magnetisches Feld, in welchem die Kraftlinien durch den Anker und seine Windungen fast parallel vom Nordpol zum Südpol gehen. (Homogenes Feld! vgl. Magnetismus.) Bei der Drehung

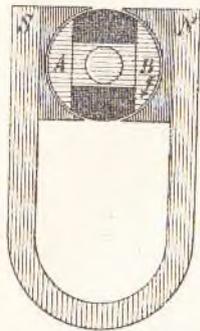


Fig. 16.

des Ankers ändert sich die Zahl der Kraftlinien, die durch die Drahtspulen gehen. In der gezeichneten Ruhelage gehen fast alle Kraftlinien durch die Flächen der Windungen. Nach einer Viertelumdrehung ist die Zahl der die Störungsfläche schneidenden Kraftlinien gleich Null. Nach einer halben Umdrehung durchsetzen wieder sämtliche Kraftlinien die Windungsflächen, aber die Kraftlinien gehen jetzt in umgekehrter Richtung wie bei der ersten Stellung. Bei Dreiviertelumdrehung muß man sich dasselbe Bild wie bei einer Viertelumdrehung (aber Kraftlinienrichtung beachten!) und bei vollendeter Umdrehung daselbe wie bei der Ruhelage vorstellen. Es fließen bei der Ruhelage die Kraftlinien von rechts nach links (vom Nordpol zum Südpol) und nach einer halben Umdrehung von links nach rechts durch die Windungen.

Hier auch wieder vom Nordpol zum Südpol, aber die Windungen liegen umgekehrt wie vorher!

Wir haben vorher gesehen, daß die Änderung der Kraftlinien in den Windungen elektrischen Strom erzeugt. Die Richtung desselben ist nach der rechten Handregel (Dreifingerregel) zu bestimmen. Es ist daher klar, daß in der Ruhelage der Strom gleich Null, nach

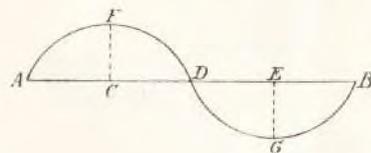


Fig. 17.

$\frac{1}{4}$ Drehung dagegen am stärksten, nach $\frac{1}{2}$ Drehung wieder gleich Null und bei $\frac{3}{4}$ Umdrehung wieder am stärksten ist, um bei Rückkehr in die Ruhelage auf Null zurückzufallen. Die Höhenwerte bei $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ Drehung müssen aber entgegengesetzt sein. Der Strom wechselt seine Richtung nach einer halben Umdrehung und in der Ruhelage, weil die Richtung der Kraftlinien — auf die Windungen bezogen — sich ändert. Es entsteht also ein Wechselstrom (Fig. 17).

Die gerade Linie stellt in dieser Figur die ganze Zeit der Umdrehung vor. Sie ist durch die Punkte C D E in 4 gleiche Strecken geteilt, die den

4 Vierteln der Umdrehung entsprechen. Die Stromstärke wird durch die Vote auf A B dargestellt. Sie ist am größten nach $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ der Umdrehung bei C und E, und ist gleich Null bei A, D und B (Ruhelage, $\frac{1}{2}$ Drehung, Ruhelage). Die Werte der Vote auf C und E sind entgegengesetzt. Diesen Stromverlauf während einer Umdrehung nennt man eine Periode des Wechselstromes.

Abchnitt VII.

Dynamomaschinen.

Die schwachen elektrischen Ströme der Kurbelinduktoren werden zwar bei der DAP zum Betriebe der Wecker benutzt, können aber zur Beleuchtung und Kraftübertragung nicht dienen. Es sind deshalb Maschinen größeren Umfanges gebaut — die Dynamomaschinen. Sie sind bedeutend größer, haben eine erheblich schnellere Umdrehung des Ankers, und es werden bei ihnen keine Dauermagnete, sondern Elektromagnete verwendet. Ihre Wirkung — Stromerzeugung — ist daher viel größer.

Der Anker der Dynamomaschine kann als Trommel- oder als Ringanker ausgebildet sein.

Der Trommelanker. Betrachten wir noch einmal Fig. 16. Hier sind nur zwei Drahtwicklungen auf dem Anker angebracht. Es entsteht ein sehr ungleichmäßiger Strom, da er nur kurze Momente eine Höchstwirkung hat.

Die Stromstärke würde sich gleichmäßiger gestalten, wenn man auf dem Anker (Fig. 16) eine zweite Drahtwicklung rechtwinklig zu der Ebene der vorhandenen Wicklung so anbrächte, daß sie durch die Punkte A und B ginge. Das Ende der ersten Wicklung wäre mit dem Anfang der zweiten, und deren Ende mit dem Anfang der ersten zu verbinden, wie es in Fig. 18 schematisch angedeutet ist. Dann würde die zweite Spule gerade zu der Zeit den stärksten Strom liefern, wo die erste am schwächsten wirkt; die Wirkungen beider Spulen würden sich übereinander lagern, und man erhielte einen Strom von der in Fig. 19 c angegebenen Form, der in seiner Stärke schon viel weniger schwankt. Durch weitere Vermehrung der Ankerspulen läßt sich der Strom beliebig gleichmäßig machen, nur muß gleichzeitig der Stromwender (oder auch Stromsammler, Kollektor genannt, siehe darüber späteren Abschnitt „Die Gleichrichtung des Wechselstroms“) so viel Kontaktstücke erhalten, wie Spulen vorhanden sind, zu welchem Zweck auf der Achse parallel zu ihr ringsherum eine entsprechende Anzahl Kupferstäbe isoliert angebracht wird. Ein derartiger Anker (Trommelanker) besitzt

einen Kern von runden, lackierten Eisenblechscheiben und ist der Länge nach ringsherum mit isoliertem Draht bewickelt. Je einige benachbarte Umwindungen bilden eine besondere Abteilung; das Ende jeder Abteilung ist mit dem Anfang der folgenden verbunden, ferner sind Anfang und Ende jeder Abteilung an zwei benachbarte Stäbe des Stromsammlers gelegt.

Der Ringanker besteht aus einem Eisenring aus vielen dünnen Eisenblechen, die zur Vermeidung von Wirbelströmen durch Papierzwischenlagen voneinander getrennt sind. Auf dem Anker sind ringsherum Drahtspulen aufgereiht. Das Ende jeder Spule ist mit dem Anfange der nächsten verbunden, und vom Verbindungspunkte führt ein Draht zum Kollektor. Der Ringanker dreht sich

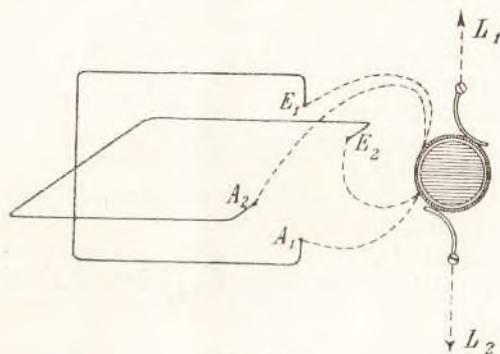


Fig. 18.

mit seinen Spulen ebenfalls im Kraftlinienfelde zwischen den Polschuhen der Feldmagnete.

Das dynamoelektrische Prinzip ist von Werner Siemens entdeckt worden.

Wie schon gesagt, werden bei den Dynamomaschinen keine Dauermagnete, sondern Elektromagnete verwendet. Der erzeugte Strom wird durch einen Stromwender (vgl. späteren Abschnitt) zu einem gleichgerichteten umgewandelt und dieser Gleichstrom wird zuerst über die Windungen des Elektromagneten geleitet. Am Beginn der Umdrehung der Maschine ist in den Kernen des Elektromagneten noch etwas Magnetismus, der sogenannte remanente Magnetismus (vgl. Heft 2), vorhanden. Dieser genügt, um in den Wicklungen des Ankers einen schwachen Strom zu erzeugen, welcher wiederum den Magnetismus in dem Elektromagneten verstärkt. So entsteht in kurzer Zeit ein immer stärkerer Strom und dementsprechend stärkere magnetische Kräfte, bis der Elektromagnet ge-

sättigt und die Maschine auf ihre Höchstleistung gelangt ist. Diese Wechselwirkung zwischen Elektromagnet und dem von ihm erzeugten Strom nennt man das dynamoelektrische Prinzip.

Die einfachste Wechselstrommaschine ist im Schema in Fig. 20 abgebildet. Der Anker A dreht sich zwischen den Polschuhen des Elektromagneten. Der Strom wird bei a und b durch Bürsten von zwei Schleifringen auf der Achse abgenommen. Es entsteht ein Wechselstrom wie in nachfolgender Fig. 19 a (vgl. auch Fig. 17 beim Magnetinduktor). Dieser Wechselstrom läßt sich nun zur Erregung der Elektromagnete der Dynamomaschine nicht ohne weiteres verwenden. Er muß vorher gleichgerichtet werden.

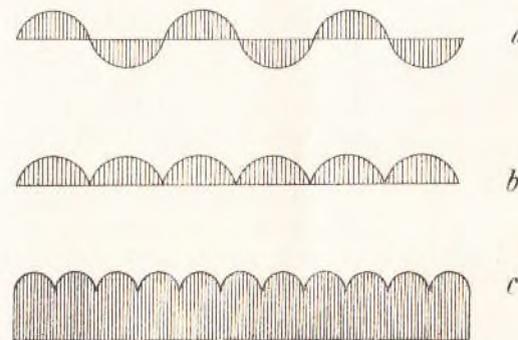


Fig. 19.

Die Gleichrichtung des Wechselstromes geschieht dadurch, daß man die beiden Schleifringe auf der Ankerachse durch einen zweiteiligen Stromwender oder Kommutator ersetzt.

Dieser besteht aus zwei auf die Achse isoliert aufgesetzten Halbzylindern von Metall, an welchen die stromabnehmenden Federn oder Bürsten von Kupferdraht schleifen. Letztere stehen einander genau in der Richtung des Achsendurchmessers gegenüber und sind so gestellt, daß sie jedesmal, wenn der Strom seine Richtung wechselt, auch die Halbzylinder vertauschen und mit dem entgegengesetzten Wicklungsende in Verbindung treten. Dadurch erhält der in die Leitung fließende Strom die in Fig. 19 b dargestellte Form, seine Richtung bleibt nun zwar dieselbe, aber die Stärke schwankt fortwährend zwischen Null und dem höchsten Wert.

Die Fig. 19 c zeigt, wie die Stromkurve aussieht, wenn man statt der einfachen Wicklung mehrere Wicklungen (Trommel- oder Ringanker) verwendet.

Dynamomaschine mit Fremderregung. Wenn man den Strom der eigentlichen Dynamomaschine nicht zur Er-

regung der Elektromagnete verwenden will, muß man eine zweite Gleichstrommaschine haben, aus der dieser Strom entnommen wird. Da die Entnahme dieses Stromes aus einer fremden Maschine geschieht, spricht man in diesem Falle von einer Dynamomaschine mit Fremderregung.

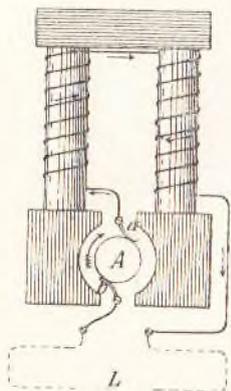


Fig. 20.

Hauptstrommaschinen sind Dynamomaschinen, bei welchen der ganze erzeugte Strom nach seiner Gleichrichtung durch die Elektromagnetwindungen gesandt wird. Die Windungen haben nur einen kleinen Widerstand. Stromlauf wie in Fig. 20.

Bei **Nebenschlussmaschinen** ist die Magnetwicklung von hohem Widerstand und der äußeren Leitung parallel geschaltet. Es fließt daher nur ein Teil des erzeugten Stromes durch die Windungen.

Die **Verbundmaschinen**, auch Compoundmaschinen genannt, haben zwei Wicklungen, von denen eine im Haupt-

stromkreis liegt und die andere wie bei der Nebenschlussmaschine parallel geschaltet ist.

Hauptstrom-, Nebenstrom- und Verbundmaschinen liefern im allgemeinen Gleichstrom. Wenn nur ein Teil des erzeugten Stromes abgenommen und zur Erregung der Magnete verwendet wird, können mit ähnlichen Schaltungen auch Wechselstrommaschinen gebaut werden. Die Dynamomaschine mit Fremderregung liefert Wechselstrom.

Wechselstrommotore und ihr Verhalten im Betriebe. Die Dynamomaschine kann auch als Motor benutzt werden, indem man elektrischen Strom hineinsendet und die Umdrehungen zur Krafterzeugung benutzt.

Das Feld der Elektromagneten muß durch Gleichstrom erregt werden. Der Anker wird durch mechanische Einwirkung beim Anlassen der Maschine in rasche Umdrehungen versetzt. Wird nun Wechselstrom durch den Anker gesandt, so wird der durch die Windungen magnetisierte Teil des Ankers von den Polshuhen angezogen. In demselben Augenblick, wo die Windung dem Polshuh gegenüberliegt, wird die Windung stromlos. Durch die Eigenbewegung des Ankers wird dieser etwas vorgetrieben. Zugleich wird dann ein entgegengesetzter Strom durch den Anker laufen. (Vgl. Einrichtung des Kommutators.) Der Anker wird also von dem ersten Polshuh abgestoßen und von dem nächstfolgenden angezogen. Der Motor bleibt in gleicher Geschwindigkeit. Er kann dann erst durch Anschaltung der zu betreibenden Maschine belastet werden.

Die Geschwindigkeit des Wechselstrommotors ist gleichbleibend und hängt von der Frequenz des hineingesandten Wechselstroms und der Zahl der Pole des Motors ab. (Vgl. dagegen Gleichstrommotoren, nächster Abschnitt.)

Abchnitt VIII. Gleichstrommotoren.

Die Gleichstrommotoren sind ähnlich gebaut wie die Wechselstrommotoren. Der Gleichstrom wird aber durch den Stromwender (Kommutator) selbsttätig umgekehrt. Daher läuft der Gleichstrommotor von selbst an, auch wenn er durch Anschaltung der zu betreibenden Maschine belastet worden ist. (Wechselstrommotoren müssen mechanisch angedreht werden!) Die Drehung des Ankers wird durch die Umkehrung des Stromes und die dadurch erzeugte Umkehrung des Magnetismus in dem Anker bewirkt.

Anlasser. Der Anker hat in seinen Windungen nur wenig Widerstand und setzt in der Ruhelage der äußeren Spannung noch keine Gegenkraft entgegen. Würde man also den Betriebsstrom sofort in voller Stärke in den Motor senden, so würde er stark ansteigen (vgl. Ohmsches Gesetz $i = \frac{e}{w}$) und leicht die Ankerwick-

lungen verbrennen oder durchschlagen. Gleichstrommotoren erhalten daher einen Anlasser, d. h. der Strom wird zuerst über einen hohen Widerstand geleitet. Dieser wird allmählich verringert und schließlich ganz ausgeschaltet, wenn der Motor mit seiner Höchstgeschwindigkeit läuft.

Der Anlasser ist also nichts anderes als ein Kurbelrheostat, d. h. eine Zusammenschaltung von verschiedenen Widerständen, die durch eine Kurbel ein- und ausgeschaltet werden können.

Tourenänderung. Der Gleichstrommotor läuft bei allen Belastungen fast mit gleicher Geschwindigkeit. Seine Tourenzahl hängt nur von der Stromstärke und der Bauart ab. D. h., ein Gleichstrommotor kann mit verschiedener Tourenzahl laufen, wenn in ihn verschieden starke Ströme geleitet werden. Die Stärke des Stromes wird durch Vorschaltung von Widerständen geregelt. Am einfachsten kann man dazu den Anlasser benutzen.

Soll also der Motor langsamer laufen, so dreht man die Kurbel des Anlassers etwas nach der Ruhestellung zurück. Dann wird mehr Widerstand eingeschaltet, der Strom wird schwächer, der Motor läuft langsamer.

Hauptstrom- und Nebenstrommaschinen. Nach Art der Schaltung für die Feldmagnete werden obengenannte

Motore unterschieden. Wird der ganze Betriebsstrom sowohl durch die Rollen der Magnete wie durch die Spulen des Ankers geleitet, so nennt man den Motor einen Hauptstrommotor. Beim Nebenschlußmotor wird nur ein Teil des Gleichstroms durch die Spulen der Elektromagnete geleitet. Dies geschieht durch einen Nebenschluß zum Hauptstromkreis.

Es gibt auch Wechselstrommaschinen, die von selbst anlaufen wie die Gleichstrommotoren. Es sind dies Drehstrommotoren und Wechselstrom-Kommutatormotoren. Ihre Beschreibung liegt außerhalb des Gebiets des vom Telegraphenhandwerker verlangten Wissens.

Ab schn itt IX.

Umformer.

Die Umformung des Stromes kann notwendig werden:

1. wenn ein Strom auf höhere oder niedrigere Spannung,
2. wenn Gleichstrom in Wechselstrom oder
3. wenn Wechselstrom in Gleichstrom umgeformt werden soll.

Im ersten Falle werden die vorher beschriebenen Transformatoren oder Induktionsspulen verwendet. Zur Änderung von Gleichstrom in Wechselstrom sind die Polwechsler, Einankerumformer und Signal- oder Rufmaschinen in Gebrauch. Für die Umwandlung des Wechselstromes in Gleichstrom dienen die mechanischen Gleichrichter oder der Quecksilberdampfgleichrichter.

Der Polwechsler (Fig. 21).

Es wird hier nur die neuere Bauart beschrieben, da die ältere Bauart wenig in Gebrauch ist.

Der Polwechsler neuerer Bauart ist eine Zusammenschaltung eines Pendelum Schalters mit Selbstunterbrechung und eines kleinen Transformators, dessen Primärspule geteilt ist. Außerdem ist noch ein Kondensator von 4 Mikrosfarad-Kapazität parallel zur Sekundärwicklung des Transformators geschaltet.

Der aus der Batterie von 6 neuen Elementen entnommene Strom geht beim Drücken der Ruftaste durch die Elektromagnetrollen über Kontakt K_3 zur Batterie zurück. Der Anker, an dessen unterem Ende 2 Pendelgewichte befestigt sind, wird angezogen. Dadurch wird ein Stromkreis über die linke Wicklung der Primärspule, Kontakt K_1 und den Anker geschlossen. Durch das Anziehen des Ankers wird nun aber der Selbstunterbrecherkontakt K_2 geöffnet, die Magnetrollen werden stromlos, der Anker wird losgelassen und wird durch die Pendelwirkung der Kugeln gegen Kontakt K_2 gelegt.

Hierdurch wird ein Stromweg über die rechte Wicklung der Primärrolle, den Kontakt K_2 und die Feder des Ankers geschlossen. (Der Stromkreis über die linke Primärspule war durch das Abfallen des Ankers bei K_1 geöffnet.) Gleichzeitig wird der Stromkreis über K_3 für die Elektromagnetrollen geschlossen, der Anker wird also wieder angezogen. Das Spiel des Ankers dauert so lange, wie die Ruftaste gedrückt ist. Dabei fließt einmal ein Strom durch die linke Wicklung der Primärspule des Transformators, das andere Mal durch die rechte Spule. Da derselbe Pol der Batterie in der Mitte der Primärrolle liegt, haben diese beiden Ströme entgegengesetzte Richtung — stets von der Mitte nach außen hin. In der Sekundärrolle werden durch diese kurzen Stromstöße in entgegengesetzter Richtung Wechselströme höherer Spannung erzeugt. Die Frequenz der Wechselströme ist von der Schnelligkeit der Bewegung des Ankers abhängig. Diese kann durch Verschieben der Gewichte geregelt werden. Der Polwechsler liefert einen Wechselstrom von etwa 40 Volt Spannung. Er reicht also für den Antrieb von 3 Wechselstromweckern aus. Bei größeren Ämtern kann der Polwechsler so geschaltet werden, daß er dauernd läuft. Es wird dazu statt der Ruftaste ein Schalter angebracht, der bei Betrieb dauernd geschlossen bleibt. Die Ruftaste muß dann im sekundären Stromkreis liegen.

Der Einankerumformer wird verwendet, wenn Gleichstrom aus einer Sammlerbatterie zur Ergänzung des Ruf- und Signalstromes benutzt wird. Es wird Gleichstrom von 24 Volt zugeführt und Wechselstrom von 17 Volt abgenommen. Dieser wird dann noch durch einen Transformator auf die notwendige Spannung heraufgeformt. Der Einankerumformer ist ein Elektromotor mit Stromwender und nur einer Ankerwicklung. Es gibt neuerdings auch Umformer mit zwei Ankerwick-

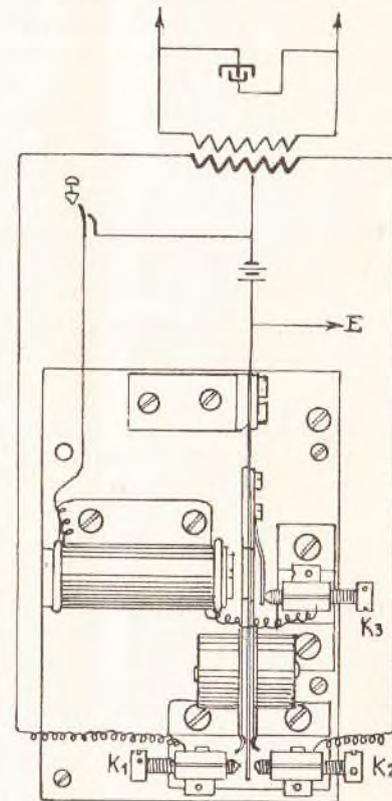


Fig. 21.

lungen. Diese haben den Vorteil, daß der Wechselstrom gleich in der Maschine erhöht wird. Es wird also der Transformator gespart.

Die Signalmaschine braucht zu ihrem Antrieb einen Ruffstromumformer oder einen besonderen Motor. Sie hat Summerekollektoren für die Abnahme der Summertöne bis 400 Perioden und Unterbrecherkollektoren für die Glockenzeichen. Die Wechselströme werden durch besondere Induktionspulen geleitet und von der sekundären Spule abgenommen.

Die mechanischen Gleichrichter werden jetzt nicht mehr verwendet. Es wurden früher sogenannte Gleichrichterrelais gebraucht, die aber für größere Leistungen wegen der starken Funkenbildung an den Kontakten schlecht arbeiteten.

Der Quecksilberdampfgleichrichter wird jetzt bei der DRP fast ausschließlich da verwendet, wo Wechselstrom oder Drehstrom in Gleichstrom umzuwandeln ist (z. B. zum Laden von Sammlern aus dem Starkstromnetz).

Die für die Umsetzung von Wechselstrom und Drehstrom gebräuchlichen Schaltungen der Quecksilberdampf-Gleichrichter sind in Fig. 22 u. 23 dargestellt.

In einem luftleeren Glasgefäß (Kolben) (Fig. 22) befinden sich eine Quecksilberkathode K und zwei Anoden A₁ und A₂. Unmittelbar neben der Kathode K ist eine ebenfalls mit Quecksilber gefüllte Elektrode ZA, die sogenannte Zündanode, angeordnet, die über einen Widerstand ZW mit der Anode A₂ verbunden ist. Die Zündung des Gleichrichters, auch das „Anlassen“ genannt, geschieht in der Weise, daß bei geringer Drehung des Kolbens das Quecksilber der Kathode und Zündanode zusammenfließt, und dadurch der Zündstromkreis geschlossen wird. Als dann ist der Kolben zurückzudrehen; nunmehr entsteht an der Trennungsstelle der beiden Quecksilbermengen ein kleiner Lichtbogen, der die Kathode K über die Verdampfungstemperatur erhitzt. Durch das verdampfende Quecksilber wird der Hauptstromkreis zwischen einer Anode und der Kathode geschlossen. Das verdampfte Quecksilber wird in dem oberen Teile des Kolbens — Kühlkammer genannt — wieder in flüssiges Quecksilber verdichtet, das alsdann an den Glaswänden zur Kathode und Zündanode zurückfließt. Zwei Anoden sind erforderlich, weil der von K ausgehende Strom nur negative Richtung haben kann; es dient daher die eine Anode für den positiven, die andere Anode für den negativen Teil der Ursprungswelle. Hiernach fließt der Strom nach K stets in derselben Richtung; er kann daher zum Laden der Sammlerbatterie benutzt werden. Damit die Kathode K einen dauernden Strom führt, der unter einen kritischen Wert nicht heruntergeht, ist in den Stromkreis noch eine Drosselspule D, die Stromerhaltungsspule, einzuschalten. Diese Spule nimmt während des Anstiegs der Stromhalbwelle magnetische Energie auf und setzt sie während des Abfalls der Halbwelle in elektrischen Strom um, und zwar hat der durch die Selbstinduktivität erzeugte Strom dieselbe Richtung wie der Strom, der die Auffpeicherung der magnetischen

Energie verursachte. Die Selbstinduktivität der Drosselspule muß so groß sein, daß der von der Spule gelieferte Entladungsstrom ausreicht, um den Strom an der Kathode oberhalb des Mindestwertes zu erhalten.

In Fig. 23 ist die Schaltung für Drehstrom dargestellt. Hier ist die Einschaltung einer Stromerhaltungsspule nicht erforderlich, weil die Spannungswellen zwischen den Drehstromleitern um 120° verschoben sind.

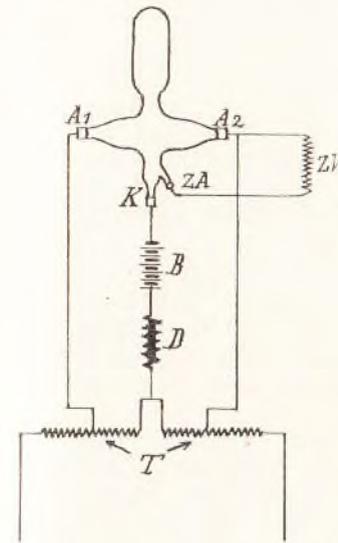


Fig. 22.

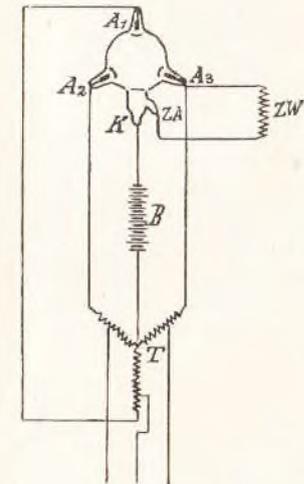


Fig. 23.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter leistet etwa 50 Ampère. Will man höhere Stromstärke erzielen, so schaltet man mehrere Gleichrichter nebeneinander. Die Vorteile der Gleichrichter bestehen darin, daß sie in einfacher Weise bedient und unterhalten werden können, nur geringen Raum beanspruchen und geräuschlos arbeiten.

Ab schni tt X.

Wärme- und Lichtwirkung des elektrischen Stromes.

Im Heft 2 wurde bei der Besprechung der Einteilung der Leiter erwähnt, daß die Leiter erster Klasse durch den elektrischen Strom erwärmt werden. (Leiter zweiter Klasse werden zerlegt [vgl. Elektrolyse].) Die entwickelte Wärmemenge wird abhängig sein von der Stärke des Stromes, der Dauer desselben und von dem

Widerstand des Leiters. Es gilt das Joulesche Gesetz: In jedem von einem Strom durchflossenen Leiter steht die erzeugte Wärme in geradem Verhältnis zum Widerstande und der Zeit sowie zum Quadrat der Stromstärke.

Ein Strom von 4 Ampère erzeugt also nicht doppelt soviel Wärme wie ein Strom von 2 Ampère, sondern da $4 \times 4 = 16$ und $2 \times 2 = 4$ ist, die vierfache Wärmemenge. Dagegen wird in einem Draht von 4 Ohm Widerstand in 4 Minuten nur die doppelte Wärmemenge erzeugt wie in einem Draht von 2 Ohm Widerstand in 2 Minuten, falls durch beide Drähte derselbe Strom gleich lange Zeit gesandt wird.

(Bilden Sie sich andere Beispiele und berechnen Sie dieselben!)

Die Wärme wird von dem Draht ausgestrahlt oder an ihn berührende Körper abgeleitet. Ein gerader langer Draht erwärmt sich daher nicht so schnell, wie eine Spule mit der gleichen Drahtlänge, in der dieselbe Wärmemenge erzeugt wird, denn die inneren Windungen der Spule können ihre Wärme nicht ausstrahlen. Aus diesen Gründen werden die Freileitungen keine Wärmeerscheinungen haben. Dagegen können Spulen der Elektromagnete usw. durch stärkere Ströme so stark erhitzt werden, daß sie Schaden leiden. Man muß daher die Apparate gegen die starken Ströme sichern.

Das Prinzip einer Sicherung besteht darin, daß durch die Erwärmung ein feiner Draht schmilzt und dadurch den Stromkreis öffnet (Grosfsicherung) oder daß dieser feine Draht ein leichtschmelzbares Metall flüssig macht. In dieses Metall ist ein Stift eingelassen, der entweder herausgerissen wird oder der durch Federkraft gedreht wird und dadurch einen Kontakt — die Feder — abschnellen läßt. In beiden Fällen wird der Stromweg geöffnet (Feinsicherung).

Wir haben bei den Sicherungen schon eine gewollte Anwendung der Wärmewirkungen. Andere Anwendungen finden wir bei den *Widerstandsmessinstrumenten*. Hier wird die Ausdehnung von Metalldrähten durch die Erwärmung zum Messen von Stromstärken — besonders bei starken Strömen — benutzt. Diese Ströme können auch Wechselströme sein, da die Erwärmung nicht von der Richtung des Stromes abhängig ist. Weitere Anwendungen finden wir bei *Heizapparaten* (Plätteisen, elektrischen Kocher usw.), zur Fernzündung von Sprengminen, in der Heilkunst zum Abbrennen von kranken Fleischteilen durch glühende Platindrähte und besonders bei den *Glühlampen*. Es gibt Kohlenfaden- und Metallfaden-Glühlampen. Kohle ist auch ein Leiter erster Klasse. Ein dünner Kohlenfaden wird also durch den elektrischen Strom erhitzt. Bei genügender Stromstärke wird

Weißglut und damit starke Lichtausstrahlung erzielt. Besser sind die *Metallfadenslampen*. Die Fäden bestehen meistens aus Wolfram, Osmium oder Tantal. Sie verbrauchen weniger Strom für die gleiche Lichterzeugung. Da sowohl die Kohle- als auch die Metallfäden bei der starken Erhitzung verbrennen würden, wenn Sauerstoff aus der Luft herantreten könnte, so müssen die Glasbirnen luftleer gemacht werden.

Elektrischer Lichtbogen. Der elektrische Funke ist auch eine Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Er wird durch die starke Erwärmung verursacht, die eine schlecht leitende Luftschicht beim Durchgang des Stromes erfährt. Eine verwandte Erscheinung ist der elektrische *Lichtbogen*, der sich in den Bogenlampen zwischen zwei einander gegenüberstehenden, vom Strome durchflossenen Kohlenstäben bildet.

Die Enden der Kohlenstäbe müssen einander zunächst berühren, damit der Strom überhaupt zustande kommt. Die Kohlenspitzen geraten dann wegen des großen Widerstandes an der Berührungsstelle ins Glühen und die sie umgebende Luftschicht ebenfalls. Letztere, die auch glühende Kohlentelchen oder Kohlendämpfe enthält, vermag den Strom zu leiten, wenn die Kohlenspitzen ein wenig voneinander entfernt werden. Geschieht dies, so entsteht zwischen den Spitzen ein blendender Lichtbogen. Da die Kohlenspitzen langsam abbrennen und dadurch der Abstand zwischen ihnen wächst, so muß durch eine Reguliervorrichtung dafür gesorgt werden, daß der Abstand von einigen Millimetern zwischen den Kohlen genau erhalten bleibt. Diese Regelung bewirkt der Strom selbstständig mit Hilfe eines Elektromagnets, bei den Differentiallampen mit Hilfe zweier Solenoide, in die ein Eisenkern eintaucht. Der elektrische Lichtbogen hat eine Temperatur von 3000—4000°. Die mit dem positiven Pol verbundene obere Kohlen spitze verbrennt bei Gleichstrom rascher als die andere, indem sie sich kraterförmig aushöhlt, während die untere (negative) Kohle sich zuspitzt. Eine Bogenlampe erfordert einen Spannungsunterschied an ihren Klemmen von 40—50 Volt und im Mittel für je 100 Normkerzen Helligkeit 1 Ampère Stromstärke. Bogen- und Glühlampen können, statt mit Gleichstrom, auch mit Wechselstrom gespeist werden.

Ein Lichtbogen entsteht bei genügender Spannung auch zwischen Metallelektroden; insbesondere tritt ein solcher leicht auf, wenn ein Draht von einem starken Strom abgeschmolzen wird. Es ist daher z. B. in der Grosfsicherungspatrone Schmirgelpulver um den Schmelzdraht enthalten. Dadurch wird die Bildung des Lichtbogens verhindert.

(Über den Lichtbogen in den Hochvakuumröhren siehe Abschnitt Drahtlose Telegraphie usw.)

Abchnitt XI. Elektrische Leistung.

Der Begriff der Arbeit ist schon in Heft 2 bei Erklärung der elektrischen Einheiten erläutert. Arbeit ist Kraft \times Weg.

Die technische Maßeinheit für die Arbeit ist das Kilogramm-meter (kgm oder mkg), d. h. die Arbeit, die aufgewendet werden muß, um ein Kilogramm einen Meter hoch zu heben.

Rechnen Sie aus: Wieviel Arbeit ist erforderlich, um 8,5 kg 2 m, 4,25 kg 4 m, 3,20 kg 5 m hoch zu heben!

In der Praxis verwendet man ein größeres Maß, die Pferdestärke (PS), das sind 75 kgm in der Sekunde.

Die Einheit der elektrischen Arbeit und Leistung wird Volt-Ampère oder Watt (W) genannt. Die Leistung, oder auch Effekt genannt, einer elektrischen Maschine ist die Kraft, welche sie in jeder Sekunde nutzbar abgeben kann.

Es wird z. B. eine Dynamomaschine mit 500 PS angetrieben durch Wasserkraft oder Dampfmaschine. An elektrischer Leistung wird man dann nicht 500 PS abnehmen können, sondern weniger. Der Effekt richtet sich nach der Bauart der Maschine. Eine gute Dynamomaschine wird etwa 85—90 v. H. der aufgewendeten Kraft in elektrische Kraft umwandeln.

Wenn von einer Dynamomaschine dauernd ein Strom von 220 Volt Spannung und 200 Ampère Stromstärke abgenommen werden kann, so hat sie also eine Leistung von $220 \times 200 = 44\,000$ Watt. Man sieht daraus, daß ein Watt ein zu kleiner Maßstab für technische Zwecke ist. Tatsächlich rechnet man auch in der Technik mit Hekto- oder Kilowatts (HW oder KW) als Maßeinheit. In obigem Beispiel hat also die Maschine eine Leistung von 44 KW. Wird diese Elektrizitätsmenge 5 Stunden abgenommen, so hat die Maschine $5 \times 44 = 220$ Kilowattstunden (KWSt) geleistet.

In Heft 2 haben wir gesehen, daß 1 Kilowatt die Leistung ist, bei der in jeder Sekunde $\frac{1000}{9,85} = 102$ kgm Arbeit geleistet werden.

Eine Pferdestärke hat 75 kgm. Ein Kilowatt ist also $\frac{102}{75}$ PS = 1,36 PS. Eine Maschine mit der Leistung von 50 KW wird also einen Effekt von $50 \times 1,36 = 68,0$ PS haben.

Stellen Sie sich weitere Beispiele und rechnen Sie diese aus.

Abchnitt XII. Grundlagen der drahtlosen Telegraphie und des drahtlosen Fernsprechens.

Funken der Elektrifiziermaschine. Die Luft ist ein Nichtleiter. Hohe elektrische Spannungen können aber eine kurze Strecke Luft überspringen, wie ja auch andere Isoliermittel „durchschlagen“ werden. Bei dem Übergang durch die Luft werden die Luftteilchen erhitzt und es entsteht eine Lichterscheinung, der elektrische Funke. Bei der Elektrifiziermaschine geht dabei positive Elektrizität vom Konduktor zum Reibzeug und eine gleiche negative Elektrizitätsmenge vom Reibzeug zum Konduktor. (Vgl. Heft 2.)

Elektrische Schwingung. Statt des Konduktors der Elektrifiziermaschine kann man auch eine Leydener Flasche, also einen Kondensator, laden. (Vgl. Heft 2.)

Die Theorie der elektrischen Schwingungen läßt sich bei der Entladung einer Leydener Flasche oder eines Kondensators besser erklären als bei der Elektrifiziermaschine, da man beim Kondensator nur mit einem Ausgleich der Ladung zu rechnen hat, während bei der Elektrifiziermaschine dauernd Elektrizität neu erzeugt wird.

Es sei in den Entladestromkreis des Kondensators noch eine Selbstinduktionspule wie in Fig. 24 eingeschaltet.

Jeder Leiter — auch ein langgestreckter Draht — hat eine gewisse Selbstinduktion, also auch der ganze Schließungskreis einer Leydener Flasche.

Die Leitung A und die Ableitung zur Erde denken wir uns vorläufig nicht vorhanden. Wir haben dann einen Schwingungskreis, und zwar einen geschlossenen (Erklärungen darüber in den nächsten Abschnitten), der aus der Leydener Flasche C, der Selbstinduktionspule und der Funkenstrecke F besteht. Die Entladung der Leydener Flasche erfolgt nun nicht durch einen einfachen Austausch der verschiedenen Elektrizitätsmengen (+ und -), aus den Belegungen in der Funkenstrecke, sondern durch Schwingungen.

Diese Schwingungen können wir uns durch die Bewegungen eines Pendels näher erläutern. Ein Pendel, das auf eine gewisse Höhe seitwärts gehoben und dann losgelassen wird, erhält durch die Schwerkraft eine Be-

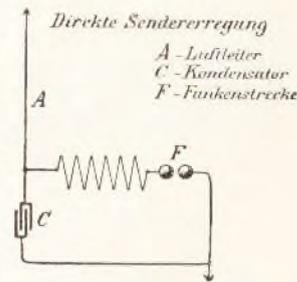


Fig. 24.

wegung nach dem tiefsten Punkte (senkrecht unter den Aufhängepunkt). In diesem Punkt hat das Pendel die größte Geschwindigkeit. Infolge der lebendigen Kraft, welche das Pendel durch die Bewegung besitzt, schwingt es nach der anderen Seite fast ebenso hoch, fällt dann zurück und schwingt eine Zeitlang hin und her. Die Ausschläge des Pendels werden allmählich kleiner, da der Widerstand der Luft und die Reibung am Aufhängepunkt Kraft verbrauchen. Je länger ein Pendel ist, desto größer ist die Dauer der einzelnen Schwingung. Ein kürzeres Pendel schwingt also schneller als ein langes.

Ganz ähnlich sind die elektrischen Schwingungen bei der Entladung der Leydener Flasche in dem vorher besprochenen Schwingungskreis (Fig. 24).

Bei der Entladung entsteht ein Strom, der durch die Windungen der Induktionsspule geht und den Eisenkern magnetisiert. Ist die Entladung beendet, so hört dieser Strom auf. Ebenso muß natürlich der Magnetismus des Eisenkerns verschwinden. Dadurch wird aber eine Änderung der die Windungen der Spule schneidenden Kraftlinien erzeugt und somit muß in den Windungen ein Strom entstehen. Dieser Strom hat dieselbe Richtung wie der erste Strom. Der Kondensator wird dadurch wieder geladen, aber die Elektrizitätsarten auf den Belegungen sind umgekehrt wie vorher. Sobald der Strom aufhört, entladet sich der Kondensator in einem neuen Funken, wobei der Strom dem ersten entgegengesetzt ist. Es beginnt dasselbe Spiel ähnlich wie beim Pendel und es entstehen immer neue Entladungen und Ströme, die entgegengesetzt sind. Diese Entladungen werden erleichtert, weil die Luftteilchen in der Funkenstrecke noch durch den ersten Funken erhitzt sind und daher wenig Widerstand vorhanden ist. Selbstverständlich folgen die Entladungen in so kurzen Zwischenräumen aufeinander, daß man sie mit bloßem Auge nicht beobachten kann. Die Entladungen können nicht mehr stattfinden, sobald die Energie durch den Widerstand im Leiterkreis und in der Funkenstrecke und anderer Stromverluste (Ausstrahlung) verbraucht ist. (Vgl. beim Pendel Reibungswiderstand.)

Es ist bewiesen worden, daß diese Entladungen tatsächlich stattfinden und daß nicht nur ein Elektrizitätsübergang stattfindet. Bei den Entladungen findet eine Zu- und Abnahme des Stromes statt. Dieses bedingt auch ein Zu- und Abnehmen der Helligkeit der Funken. Wenn man nun den Funken in einem sich sehr schnell drehenden Spiegel photographiert, so wird auf der Platte ein Lichtband (nicht ein Punkt) entstehen. Dieses Lichtband besteht aus einer Reihe einzelner heller und dunkler Streifen, womit der Beweis erbracht ist, daß der Funken nicht gleichmäßig hell ist; und damit ist auch bewiesen, daß tatsächlich die Entladung in elektrischen Schwingungen erfolgt.

Begriff der Wellenlänge. Ein etwa 10 m langes Seil AB (Fig. 25) sei an dem Ende B befestigt und wird bei A mit schlaffer Spannung in der Hand gehalten. Versetzt man das Ende A in Schwingungen, indem man es zwischen den Punkten A' und A'' hin und her bewegt, so bildet das Seil eine Wellenlinie, die sich fortwährend verändert, da die Wellen am Seile hinlaufen. Dabei führen die einzelnen Teilchen des Seiles jedes an seiner Stelle hin- und hergehende Bewegungen aus, welche zusammen eine fortschreitende Welle erzeugen.

Die Entfernung AF oder CG oder EB nennt man Wellenlänge. Jede Welle (CD''EF'G) besteht aus einem Wellental (CD''E) und einem Wellenberg (EF'G).

Treffen mehrere Wellen zusammen, z. B. die ersterzeugten mit den vom Punkte B zurückgeworfenen, so wird beim Zusammentreffen eines Wellentales mit einem Wellenbauch die Wirkung aufgehoben. Trifft ein Wellenberg mit einem anderen zusammen, so verstärkt sich die Wirkung. Erhält

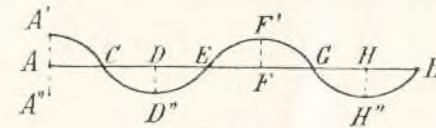


Fig. 25.

man das Seil in dauernder Schwingung, so vereinigen sich die erzeugten Wellen mit den zurückgeworfenen zu stehenden Wellen. Gewisse Punkte des Seiles bewegen sich nicht. Dies sind die Knotenpunkte der Wellen. Die stark schwingenden Teile nennt man Schwingungsbauche.

Die Teile des Seiles bewegen sich nicht vorwärts in der Wellenrichtung, sondern schwingen senkrecht dazu. Nur die Wellenbewegung schreitet vorwärts (nicht bei stehenden Wellen!). Man nennt daher diese Art von Wellen *Transversal-* oder *Querwellen*. In dieser Wellenbewegung pflanzen sich fort: das Licht und die Elektrizität. Es gibt noch sogenannte *Longitudinal-* oder *Längswellen*, bei denen die Schwingungen der Körperteile in der Fortpflanzungsrichtung erfolgen. Hierbei findet abwechselnd ein Zusammendrücken und Ausdehnen der Teilchen statt. In Längswellen schwingt der Schall.

Die Wellenlänge hängt mit der Geschwindigkeit eng zusammen. (Vgl.: Ein kurzes Pendel mit wenig Ausschlag schwingt (schnell.) Je langsamer die Schwingungen werden, desto länger werden die Wellen. Wellenlänge und Schwingungsdauer hängen von der Kapazität und der Selbstinduktion des Schwingungskreises ab.

Schwingungskreise.

In nebenstehender Fig. 26 ist eine Sende- und Empfangsstation dargestellt, wie sie der Italiener Marconi zuerst verwendete. Der Gebrauch der Antenne war vorher durch den russischen Professor Popoff angegeben.

Der Ausbau der Funkentelegraphie ist im übrigen erst durch die Erfindungen deutscher Gelehrter wie Braun, Graf Arco usw. ermöglicht worden.

Statt der Leydener Flasche wird hier ein Funkeninduktor benutzt, um dauernd Zeichen hintereinander geben zu können. Der Gleichstrom geht durch die primäre Rolle, wird durch einen Unterbrecher unterbrochen und erzeugt dadurch in der sekundären Rolle hochgespannte Wechselströme, die eine Funkenbildung zwischen den Kugeln bewirken. Die Funkenbildung dauert so lange, wie die Taste gedrückt ist. Man kann also Morsezeichen geben.

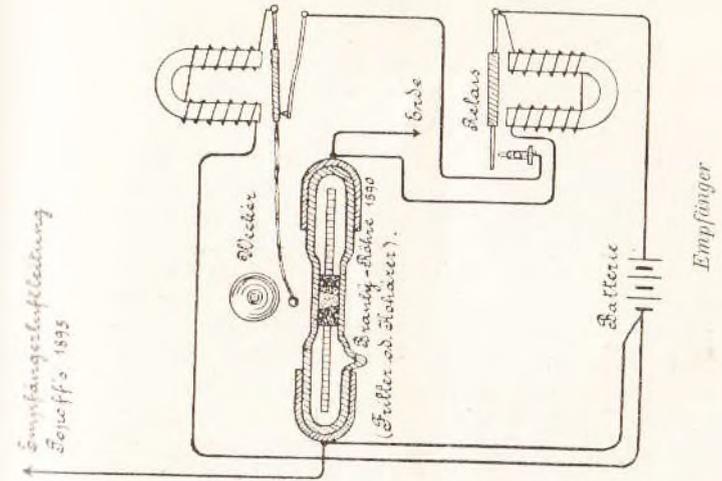
Der Schwingungskreis ist ein offener, denn das Ende der Antenne steht nicht in Verbindung mit der Erde. Die Schwingungen in der Antenne können also nicht einen Leiterkreis durchlaufen (vgl. Öffnung eines Stromkreises), sondern werden am Ende des Drahtes reflektiert (zurückgeworfen).

Es entstehen also stehende Wellen wie bei dem vorher erwähnten Beispiel mit dem schwingenden Seil.

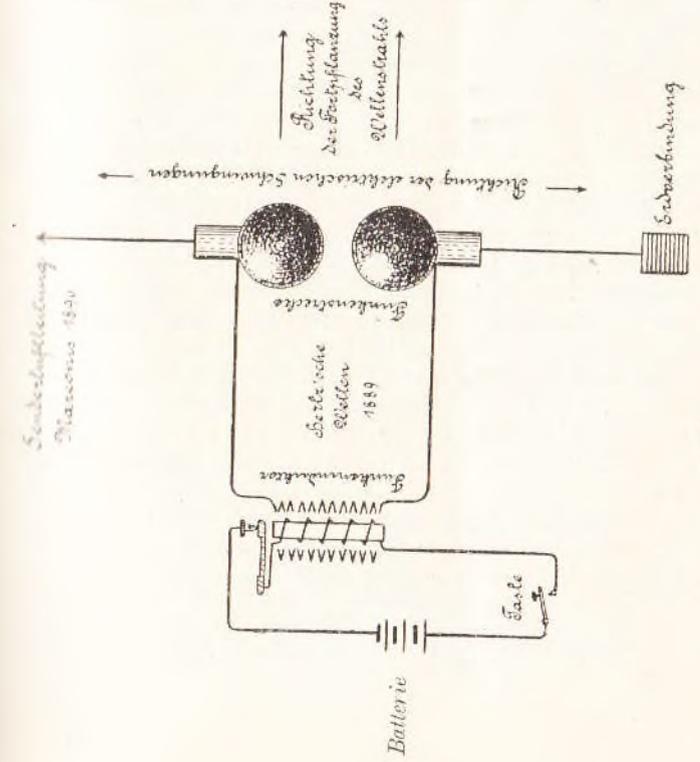
Die Ausstrahlung der Wellen in die Luft ist kräftig, da die Schwingungen des Luftdrahtes sich ausbreiten können. Ein geschlossener Schwingungskreis (Fig. 24, ohne Antenne und Erdverbindung) bietet den Wellen einen geschlossenen Leiterkreis. Die Ausbreitung der Wellen in den Raum ist gering, da nur die Funkenstrecke für die Ausstrahlung wirksam ist, während die magnetischen Kraftfelder in den gegenüberliegenden Drähten des Kreises (in der Figur ein Rechteck) entgegengesetzt sind und sich daher aufheben.

Kapazität und Selbstinduktion im Schwingungskreis.

Wie schon vorher gesagt wurde, hängt die Wellenlänge von der Kapazität und der Induktion des Schwingungskreises ab. Die Wellenlänge ist bei einer Antenne ohne verstärkte Endkapazitäten viermal so groß wie die Länge des Luftdrahtes. Schaltet man eine größere Kapazität ein, so wird die Wellenlänge verkürzt. Durch Einschaltung einer Induktionspule wird dagegen die Wellenlänge vergrößert. Man nennt daher die Spulen auch Verlängerungsspulen. Diese Spulen sind verstellbar, so daß man mehr oder weniger Windungen einschalten kann. Wird dann noch ein



Empfänger



Sender

Fig. 26.

verstellbarer Kondensator benutzt, so kann man jede beliebige Wellenlänge erzeugen.

Ebenso sind die Empfänger ausgerüstet. Auch hier wird durch solche „Abstimmung“ mit verstellbaren Kondensatoren und Induktionsspulen die Antenne und der Empfänger auf die gewünschte Wellenlänge eingestellt.

Antenne und Erdung.

Die Luftleiter oder Antennen sollen die Wellen der Senderstation ausstrahlen oder die auf der Empfangsstation eintreffenden Wellen auffangen. Die Strahlungsfähigkeit einer Senderantenne nimmt ungefähr mit dem Quadrate der Antennenhöhe zu; es sind also die Antennenstützpunkte so hoch als möglich anzubringen. Senderantennen müssen in einem großen Abstände von den Telegraphen- und Fernsprechleitungen und über ihnen geführt werden, weil sonst ein Teil der Strahlungsenergie auf diese übergeht und damit verloren ist. Kreuzungen mit Schwachstromleitungen sind tunlichst rechtwinklig auszuführen. Der Luftleiter ist die eine Hälfte des offenen Antennenschwingungskreises, die andere Hälfte wird durch die Erde, oder wo eine gutleitende Erdverbindung nicht zu beschaffen ist, durch ein elektrisches Gegengewicht meist in Form von großen Drahtgeflechten gebildet, die dicht über dem Erdboden ausgebreitet werden. Die Wellensendung geschieht zweckmäßig mit geerdeten Antennen, während man beim Wellenempfang durch Verwendung eines Gegengewichts störende Geräusche beseitigen kann. Kleine Stationen arbeiten mit gemeinschaftlicher Sender- und Empfängerantenne, mittlere Stationen oft und große Stationen stets mit getrennten Sender- und Empfängerantennen.

Senderantennen erhalten zweckmäßig eine möglichst große Kapazität, um eine größere Energie aufnehmen zu können, da ihr Strahlungsvermögen außer von Antennenform und Anordnung noch von der zugeführten Energie abhängt. Empfangsantennen brauchen nur geringere Kapazität.

Die Bauart der Antennen ist äußerst verschieden. Gebraucht werden z. B. die **Einfachantenne**, **T-Antenne**, **L-Antenne**, **Schirmantenne**, **Doppelkonusantenne**, **Horizontal- oder Erdantenne** und die **Rahmenantenne**.

Für die Stationen der Reichsfunknetz ist die **T-Antenne** allgemein üblich. Sie ist für Sende- und Empfangszwecke gleich gut geeignet und hat keine Richtwirkung. Die **L-Antenne** besitzt ihre Hauptstrahlungs- und Empfangsrichtung in der entgegengesetzten Richtung zum Verlauf der Antennendrähte. Die Rahmenantenne ist besonders für den Rundfunk geeignet, allerdings nur bei Röhrenempfängern und ist störungsfreier als die Hochantenne.

Die Erdung wird hergestellt, um den zweiten Teil des Schwingungskreises zu schaffen — hier kann sie durch ein „Gegengewicht“ ersetzt werden — oder um als Blitzschutz zu dienen.

Letztes Wort beim Rundfunk: „Vergessen Sie nicht, die Antenne zu erden!“

Die Herstellung der Erden durch Einsenkung von Metallplatten oder Drahtbunden ist bekannt. (Vgl. auch Hefte über Bau.) Das Gegengewicht besteht gewöhnlich aus 6—12 Drähten, die 1 bis 2 m über dem Erdboden auf isolierten Pfählen gespannt sind. Diese Einrichtung findet bei fahrbaren Stationen oder da Anwendung, wo keine Erdung wegen der Bodenbeschaffenheit leicht herzustellen ist.

Die Erdung gegen Blitzgefahr muß durch einen außerhalb des Gebäudes liegenden Erdungsschalter eingeschaltet werden können.

Gekoppelte Schwingungskreise.

In einem geschlossenen Schwingungskreis kann man durch Vergrößerung der Kapazität größere Energiemengen aufspeichern als im offenen Kreis. Hier müßte man zu demselben Zweck höhere Spannungen anwenden, da eine Vergrößerung der Kapazität auf die Wellenlänge (siehe vorherigen Abschnitt) Einfluß haben würde. Ein geschlossener Schwingungskreis sendet aber andererseits nicht so viel Wellen in den Raum wie ein offener. Um nun die Vorteile beider Schwingungskreise zu verbinden, verwendet man eine besondere Schaltung: „die **K o p p e l u n g**“.

In der auf Seite 37 stehenden Figur 24 ist ein offener Schwingungskreis oder eine direkte Sendererregung abgebildet.

In der nachfolgenden Fig. 27 ist eine sogenannte magnetische oder induktive Koppelung dargestellt. Die Schwingungen entstehen zuerst in dem geschlossenen Schwingungskreis und werden durch die Induktionsspule **J** in den offenen Schwingungskreis übertragen.

Es gibt außerdem noch andere Arten der Koppelung (galvanische, direkte und elektrische), deren Erörterung aber zu weit führen würde.

Eine Koppelung ist **f e s t**, wenn sehr viel Kraftlinien aus der primären Spule die sekundäre Spule schneiden und umgekehrt. Sie wird **l o s e r**, wenn man die Spulen weiter voneinander entfernt oder die Zahl der Windungen geringer macht. Der

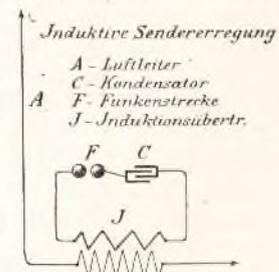


Fig. 27.

Induktionsübertrager, der übrigens ohne Eisenkern zur Vermeidung von Verlusten durch die Hysteresis gebaut ist, wird daher verstellbar gemacht, so daß die Koppelung enger oder loser gestellt werden kann. Eine gleiche Koppelung hat man bei den Empfängern. Hierbei hat die feste Koppelung den Vorteil der stärkeren Übertragung von einem Schwingungskreis in den anderen. Bei der losen Koppelung erhält man aber die freien Schwingungen am reinsten, während die feste Koppelung der Antenne Schwingungen aufzwingen kann.

Resonanz. Stellt man zwei Stimmgabeln, die auf den gleichen Ton abgestimmt sind, in einiger Entfernung nebeneinander auf und bringt die eine davon zum Tönen, so fängt auch allmählich die zweite an zu schwingen. Hält man die erste an, so hört man deutlich die zweite weitertönen. Die Schallwellen von der ersten Stimmgabel hatten gegen die zweite gestoßen, und da sie genau in dem Takt ankamen, in dem die zweite Gabel schwingen kann, so brachten sie dieselbe in Bewegung. Diese Erscheinung nennt man **Resonanz**. Verändert man die Schwingung der zweiten Gabel durch Aufkleben von Wachs, so wird die Resonanzwirkung nicht auftreten.

Die Resonanzerscheinung kann man sich auch klar machen, wenn man sich in einer Luftschaukel denkt. Gibt man der Schaukel in dem richtigen Augenblicke auch nur kleine Stöße, so wird sie in kräftige Schwingungen geraten. Dagegen können starke Stöße, die nicht im „Takt“ der Schwingungen erfolgen, sogar die Bewegung hindern.

Eine ähnliche Resonanzwirkung muß natürlich auch bei elektrischen Schwingungskreisen eintreten; aber nur dann, wenn die Empfangseinrichtung auf die ankommenden Wellen „abgestimmt“ ist, d. h. wenn sie dieselben Wellen aussenden würde, falls sie als Sender benutzt wäre. Die Abstimmung muß sehr genau erfolgen, da schon geringe Abweichungen die Resonanzwirkung sehr schwächen.

Das Prinzip des Empfängers. In Fig. 26 der Marconistation ist das Schema einer Empfangsstation dargestellt. Zu einer solchen Station gehören: 1. eine Einrichtung, welche die ankommenden Wellen auffängt (Antenne), und 2. ein Empfangsapparat, der die Wellen in Zeichen oder Töne umwandelt. Die ganze Einrichtung muß auf die gewünschten Wellen abgestimmt werden können.

Der **Fritter**, auch **Kohärer** genannt,

besteht aus einer Glasröhre, die zwei silberne Kolben umschließt und zwischen diesen mit Feilspänen oder kleinen Körnern von Hartnickel gefüllt ist. Der Fritter ist in einen galvanischen Stromkreis geschaltet, in dem noch ein Relais vorhanden ist. Gewöhnlich fließt kein Strom durch den Fritter, so-

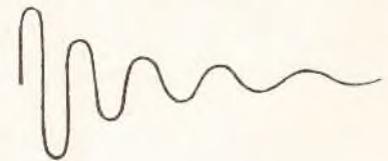
bald aber elektrische Wellen, die von der Antenne aufgefangen werden, ihn durchströmen, wird der Fritter leitend, und das Relais wird durch den Strom geschlossen. Durch das Relais wird ein Klopfer oder Morseschreiber in Tätigkeit gesetzt, so daß die ankommenden Zeichen aufgenommen werden können. Außerdem betätigt das Relais einen Wecker, dessen Klöppel durch leise Schläge die aneinandergeschweißten Nickelteilchen erschüttert und dadurch den Fritter wieder nichtleitend macht.

Der **Kontakt-detektor** ist ein sehr empfindliches Mittel zum Nachweis elektrischer Schwingungen.

Er besteht aus einem Stift, der mit einer feinen Spitze die Fläche eines anderen Stoffes berührt. Als Materialien für die Detektoren werden besonders verwendet: Graphit-Gleitz, Kupferkies-Aluminium, Kupfer-Karborund usw. Die Wirkungsweise des Detektors besteht darin, daß die aufgefangenen Schwingungen nur in einer Richtung durchgelassen werden. Die vielen Schwingungen während eines Zeichens (Funken beim Sender) werden daher zu einem Gleichstromstoß umgewandelt, der das Telephon erregen kann. Bei der drahtlosen Telephonie gibt es keine längeren oder kürzeren Zeichen, wie beim Morsealphabet, sondern es werden viele Schwingungsserien in einer Sekunde entsandt, welche durch die Wirkung der Mikrofonströme auf den Sender hervorgerufen sind. Diese Schwingungsserien werden in ebensoviel Stromstöße umgewandelt und erzeugen dementsprechende Schwingungen der Membrane des Hörers. Dadurch werden Schallwellen erzeugt und die Töne sind hörbar.

Gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen. Die in einem offenen Schwingungskreis (Marconisender) entstehenden Schwingungen werden in ihrer Stärke schnell abnehmen müssen, weil der elektrische Strom viel Widerstand zu überwinden hat (vgl. damit ein Pendel, das statt in Luft in Wasser schwingen muß). Außerdem ist ja die Ausstrahlung beim offenen Sender sehr stark. Die elektrische Schwingung wird daher nach 5–6 Schwingungen auslöschen. (Vgl. Fig. 28.)

Die Schwingungen in einem geschlossenen Stromkreis sind nicht so stark gedämpft, besonders bei Verwendung der Koppelungen, denn die Funkenstrecke mit ihrem hohen Widerstand liegt nicht in der Antenne, und die ausgestrahlte Energie wird aus dem Kondensatorkreis wieder ersetzt. Eine Darstellung der schwachgedämpften Schwingungen folgt in Fig. 29.



Starkegedämpfte Welle des Marconisenders.

Fig. 28.

Mit den gedämpften und schwach gedämpften Wellen können keine scharfen und ununterbrochenen Strahlungen erzielt werden. Die Empfänger können auch nicht so genau auf Resonanzwirkung abgestimmt werden, daß sie störungsfrei arbeiten. Besonders wird sich die Nachbarschaft anderer Sender unangenehm bemerkbar machen. Es wird auch, um größere Reichweite zu erzielen, viel Energie verbraucht, da ein großer Teil derselben nutzlos als

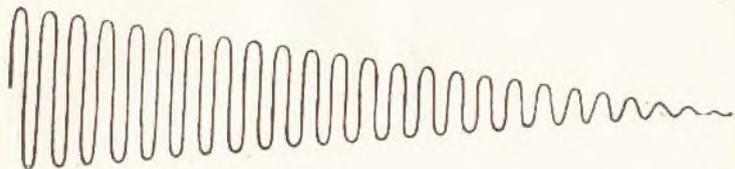


Fig. 29.

Wärme in den Funkenstrecken verloren geht. Man ist daher zur Anwendung dauernder und ungedämpfter Schwingungen übergegangen. (Fig. 30.)

Die Erzeugung ungedämpfter Schwingungen kann durch Lichtbogensender, Hochfrequenzmaschinen oder Kathodenstrahlröhren geschehen. Die Kathodenröhre als Sender ermöglicht es, mit einem Bruchteil der früher bei

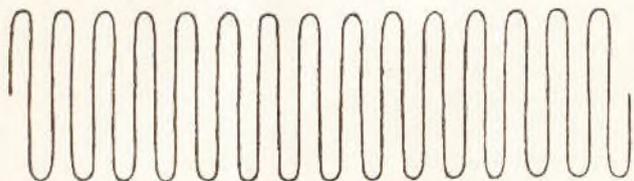


Fig. 30.

anderen Systemen aufgewendeten Sendeenergien gleiche Reichweiten zu erzielen und dabei große Störungsfreiheit zu erhalten. Es können Wellen jeder Länge damit entsandt werden. Somit ist auch die Grundlage für die drahtlose Telephonie gegeben worden.

Grundlagen der Vakuumröhren. Wie schon vorher gesagt wurde, ist die Luft ein Nichtleiter. In stark verdünnter Luft findet ein Elektrizitätsübergang zwischen den an positiven und negativen Pol einer Stromquelle (z. B. eines Induktionsapparates) gelegten Elektroden eher statt als in gewöhnlicher Luft. Pumpf man

z. B. aus einer Glasröhre (Fig. 31) die Luft allmählich heraus, so werden bald Lichterscheinungen besonderer Art zwischen den Elektroden K (Kathode — mit dem negativen Pol in Verbindung) und A (Anode — mit dem positiven Pol in Verbindung) auftreten. Ist die Verdünnung der Luft weit genug fortgeschritten (bis auf $\frac{1}{100}$ mm Druck), so wird die Röhre fast dunkel und nur an dem der scheibenförmigen Kathode gegenüberliegenden Röhrenteil erstrahlt das Glas in grünem Licht (sogenanntes Fluoreszenzlicht).

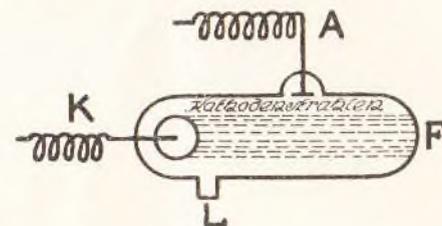


Fig. 31.

Dieser Teil des Glases wird auch erwärmt. Es gehen Kathodenstrahlen in senkrechter Richtung von K fort und treffen gegen die Glaswand bei F. Diese Kathodenstrahlen sind ein Elektronenstrom.

Nähere Ausführungen über die Elektronentheorie führen zu weit. Zur Fortbildung wird empfohlen: Franz Tuchs, Grundriß der Funkentelegraphie, und Handbuch für Telegraphenbeamte (Dreimännerbuch), Verlag von S. Hirzel, Leipzig.

Dieser Elektronenstrom ist stärker, wenn die Kathode durch einen besonderen Heizstrom zur Weißglut gebracht wird. Er kann übrigens durch magnetische oder elektrostatische Kräfte aus seiner Richtung abgelenkt werden. Ein Magnet lenkt z. B. die Kathodenstrahlen so ab, daß der grüne Lichtfleck nicht mehr bei F, sondern in der Nähe der Magnete erscheint.

Die in der Funkentelegraphie verwendeten Kathodenröhren haben noch eine dritte Elektrode. Diese heißt wegen ihrer Form „Gitterelektrode“ und liegt zwischen der Glühkathode K und der Anode A.

Dem Gitter wird nun z. B. durch eine Batterie eine Spannung zugeführt; wird hierdurch das Gitter positiv geladen, so wird der Anodenstrom gestärkt, bei negativer Ladung geschwächt. Legt man zwischen Gitter und Kathode Wechselspannungen, so wird dadurch ein verstärktes Zu- und Abnehmen des Anodengleichstroms hervorgerufen, d. h. dem Anodengleichstrom ein verstärkter Wechselstrom überlagert.

Kleine Schwankungen der Gitterspannung verursachen große Schwankungen des Anodenstroms. Das Gitter heißt deshalb auch

Steuerelektrode; es wirkt wie ein Relais, und zwar um so besser, je näher man das Gitter an die Kathode heranlegt. Kleine Wechselspannungen am Gitter erzeugen bereits verhältnismäßig große Wechselströme zwischen Kathode und Anode.

Die Kathodenröhren werden als Sender, als Empfänger und als Verstärker gebraucht. Ihre Wirkungsweise kann man, wie gesagt, mit einem Relais vergleichen. Beim Relais wird durch einen schwachen (ankommenden) Strom ein Elektromagnet erregt. Der angezogene Anker schließt einen zweiten Stromkreis (Ortsstromkreis), der dann den Empfangsapparat betätigt. Der Gitterstrom-

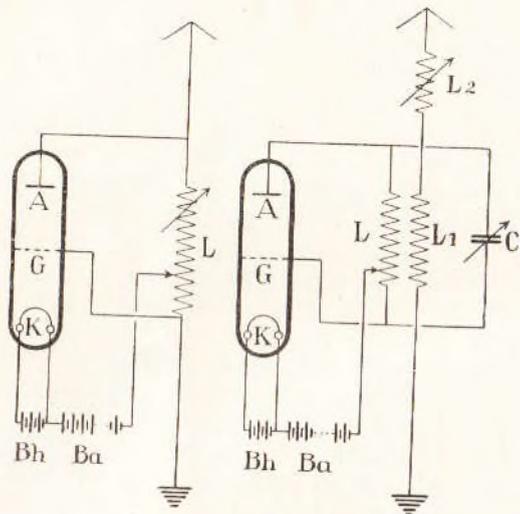


Fig. 32.

kreis entspricht dem primären Stromkreis, der Anker dem Elektronenstrahl und der Anodenstrom dem Ortsstrom. Außerdem ist noch ein anderer Stromkreis, der Heizstromkreis, vorhanden, der nur die Kathode wegen der besseren Wirkung zum Glühen bringen soll.

Rückkoppelung. Die Verwendung der Kathodenröhre als Sender beruht auf der sogenannten Rückkoppelungsschaltung. Der Schwingungskreis, welcher die Strahlen aussenden soll, liegt in dem Anodenstromkreis der Röhre. Er ist aber gleichzeitig durch eine Induktionspule mit dem Gitterkreis gekoppelt (zur Erklärung des Begriffs der Koppelung vgl. gekoppelte Schwin-

gungskreise). Ein geringer Bruchteil der Schwingungsenergie des Anodenkreises gelangt in den Gitterkreis und dieser bringt nun die Relaisfähigkeit der Röhre hervor. Die einfachste Schaltung eines Röhrensenders ist die „Einkreis-schaltung“, die durch Fig. 32 dargestellt wird.

Wird im Schwingungskreis eine Schwingung erzeugt, die an und für sich bald abklingen müßte, so gelangt ein Teil dieser Schwingung über die Induktionspule (Koppelung) in den Gitterkreis, erzeugt hier wieder stärkere Schwingungen des Anodenkreises usw. Diese Verstärkung der Schwingungen, „Aufschaukeln“ genannt, geht bis zu einem bestimmten Wert, der von der Größe der Röhre und der Anodenspannung abhängig ist. (Ein ähnliches „Aufschaukeln“ haben wir beim dynamoelektrischen Prinzip gesehen.) Rückkoppelungsschaltungen werden auch bei den Empfängern gebraucht. (Zur Fortbildung werden hier ebenfalls das vorher erwähnte Buch von Franz Fuchs und das Dreimännerbuch empfohlen.)

Fragen und Antworten.

Abschnitt I. Elektromagnetismus.

Was ist ein Galvanometer?

Ein Galvanometer ist ein Meßinstrument, bei dem die drehende Wirkung eines Stromes auf einen Magneten oder eines Magneten auf einen beweglichen Stromkreis zum Messen des Stromes und zur Bestimmung der Richtung desselben benutzt wird.

Welches ist der Unterschied zwischen einem gewöhnlichen und einem polarisierten Galvanoskop?

Bei dem gewöhnlichen Galvanoskop wird ein winkelförmiger Stabmagnet, bei dem polarisierten Galvanoskop die Drähte aus weichem Eisen auf der Aluminiumscheibe durch die Kraftlinien des zu messenden Stromes abgelenkt. Die Eisendrähte liegen aber im Kraftlinienfeld eines Dauermagneten.

Beschreiben Sie ein Drehspulengalvanometer.

Antwort siehe Seite 5.

Wie unterscheiden sich die Voltmeter von den Ampèremetern?

Die Ampèremeter haben nur einen geringen inneren Widerstand, während der Widerstand der Voltmeter groß ist.

Abschnitt II. Induktion.

Was verstehen Sie unter Elektroinduktion?

Elektroinduktion ist die Wirkung, welche ein elektrischer Strom vermöge der seinen Leiter umgebenden magnetischen Kraftlinien auf einen benachbarten Leiter ausübt.

Welche Richtung hat der induzierte Strom?

Der induzierte Strom hat beim Schließen des Primärstroms entgegengesetzte, beim Öffnen die gleiche Richtung wie der Primärstrom.

Entsteht ein sekundärer Strom nur beim Öffnen und Schließen des Primärstroms?

Nein, auch ein Nähern und Entfernen oder ein Verstärken und Schwächen des Primärstroms erzeugt Sekundärströme.

Was ist elektromagnetische Induktion?

Elektromagnetische Induktion ist die Wirkung, welche ein Magnet auf einen Stromkreis ausübt, und zwar entstehen Induktionsströme beim Nähern und Entfernen oder beim Verstärken und Schwächen des Magnetismus.

Wie erklären Sie sich die Entstehung der Induktionsströme?

Induktionsströme entstehen, wenn ein Leiter von Kraftlinien durchschnitten wird.

Welches Gesetz gilt für die Berechnung der Stärke von Induktionsströmen?

Die Stärke der elektromotorischen induzierten Kraft ist gleich der Anzahl der Kraftlinien, die in einer Sekunde von dem sekundären Stromkreis geschnitten werden.

Welches ist die Einheit für die elektromotorische Kraft?

Diese Einheit ist ein Volt.

Wie lautet die rechte Handregel?

Hält man die rechte Hand so, daß der Daumen in die Richtung des induzierten Leiters, der Zeigefinger in die Richtung der Kraftlinien zeigt, so wird der senkrecht zur Handfläche ausgestreckte Mittelfinger die Richtung des erzeugten Induktionsstromes angeben.

Abschnitt III und IV. Induktionsapparate — Induktion zwischen elektrischen Leitungen.

Beschreiben Sie einen Induktionsapparat.

Antwort siehe Seite 10.

Wozu werden Umformer benutzt?

Umformer werden zum Hinauf- oder Hinabumformen von Strömen benutzt.

Weshalb wird beim OB-Betrieb eine Induktionspule in den Mikrophonstromkreis geschaltet?

Durch den Widerstand der Leitungen würden die Sprechströme so viel Spannungsverlust erleiden, daß sie nicht mehr den Fernhörer betätigen könnten. Daher muß der Sprechstrom auf eine höhere Spannung hinauftransformiert werden. Außer-

dem würden durch die geringen Änderungen des Widerstandes des Mikrophons im Verhältnis zu dem Leitungswiderstand kaum Stromschwankungen erzielt werden. Auch die Stromstärke des Mikrophonstromkreises würde sich durch die verschiedenen Widerstände der Außenleitung ändern. Das Mikrophon braucht aber eine bestimmte Stromstärke. Man hat daher beim OB-Betrieb einen besondern Mikrophonstromkreis geschaffen.

Wozu dient der Fernsprechübertrager?

Welche Form des Übertragers wird jetzt verwendet?

Wie werden Wirbelströme verhindert?

Welche Richtung haben die Wirbelströme?

Worauf beruht die Erscheinung des Extrastroms?

Welcher Extrastrom hat höhere Spannung, derjenige, der beim Schließen oder der, welcher beim Öffnen eines Stromkreises entsteht?

Wozu dient eine Drosselspule?

Der Fernsprechübertrager dient zur Verbindung einer Doppelleitung mit einer Einzelleitung oder einer Anschlußleitung mit einer Fernleitung.

Es wird jetzt der Ringübertrager V kleiner Form verwendet.

Zur Verhinderung des Entstehens der Wirbelströme werden die Eisenkerne der Induktionspulen oder der Dynamomaschine nicht aus massivem Eisen, sondern aus getrennten Eisendrähten oder Scheiben hergestellt.

Die Wirbelströme bilden geschlossene Kreise um die Längsachse des Eisenkerns.

Der Extrastrom wird durch die Selbstinduktion eines Leiters hervorgerufen.

Der Extrastrom, der beim Öffnen des Stromkreises entsteht, hat höhere Spannung. Man kann dies an dem Öffnungsfunken beobachten.

Eine Drosselspule hat sehr kräftige Selbstinduktion und versperrt daher den Wechselströmen den Weg. Sie wird also dort verwendet, wo Wechselströme abgeriegelt, Gleichströme dagegen durchgelassen werden sollen.

Was verstehen Sie unter bifilarer Wicklung?

Wo wird von der bifilaren Wicklung Gebrauch gemacht?

Wie äußert sich die Induktion bei den Fernsprechleitungen?

Welche Schutzmaßnahmen werden gegen Induktionsstörungen getroffen?

Abschnitt V. Apparate für Fernsprechzwecke.

Erklären Sie den Grundgedanken des Mikrophons.

Welche Arten der Mikrophone werden bei der DRP neuerdings verwendet?

Beschreiben Sie die Bauart des Kohlenkörnermikrophons von Lewert.

Eine Spule, deren Draht bifilar gewickelt ist, entsteht, wenn man den Draht zu einer Schleife legt und dann aufspult. Die Windungen haben dann entgegengesetzte Richtung und die induzierenden Wirkungen heben sich auf, so daß die Spule fast gar keine Selbstinduktion besitzt.

Diese Wicklung wird überall verwendet, wo Spulen keine Selbstinduktion haben dürfen, z. B. bei den Widerstandsrollen der Rheostaten.

Die Induktion äußert sich hier durch sogenanntes Mitsprechen.

Die Leitungen werden als Doppelleitungen ausgebaut. Liegen Fernsprechleitungen an demselben Gestänge, so werden sie nach einem besonderen Induktionschutzplan mit Kreuzungen und Platzwechsel versehen. Die Adern der Kabel werden verdrillt.

Der Grundgedanke des Mikrophons besteht darin, daß der Widerstand eines losen Kontaktes zwischen einer Kohlenmembrane und Kohlenkörnern oder Kohlenstaub verändert wird, weil die Membran gemäß den Schwingungen, welche sie durch die Schallwellen erhält, schwächer und stärker gegen die Kohlenkörner gedrückt wird. Die Widerstandsschwankungen erzeugen nun gleiche Schwankungen im Mikrophonstromkreis.

Es werden jetzt fast ausschließlich die Kohlenkörnermikrophone verwendet.

Antwort siehe Seite 17/18.

Beschreiben Sie die Schaltungen des Mikrophons für OB- und ZB-Betrieb.

Welches Mikrophon wird beim ZB-Betrieb verwendet und warum geschieht das?

Was tun Sie, wenn Sie bei der Prüfung einer Sprechstelle ein beschädigtes Mikrophon finden?

Welches ist der Hauptbestandteil des Fernhörers?

Beschreiben Sie den Fernhörer M 00.

Woraus bestehen die Aldern der Leitungsschnüre für Fernhörer?

Welche Fehler treten am häufigsten in den Fernhörern auf?

Wie prüfen Sie einen Fernhörer auf Betriebsfähigkeit?

Abchnitt VI, VII und VIII. Magnetinduktoren — Dynamomaschinen — Gleichstrommotoren.

Was sind Magnetinduktoren?

Antwort siehe Seite 19/20. (Der Telegraphenarbeiter muß beide Schaltungen jederzeit aufzeichnen können.)

Beim ZB-Betrieb wird das Kohlenrührmikrophon verwendet, welches einen hohen Widerstand hat. Dies muß geschehen, weil die Mikrophonströme unmittelbar zum Amt gelangen und daher große Widerstandsschwankungen im Mikrophon notwendig sind, damit die Sprechströme auch deutliche Schwankungen erhalten.

Ich wechsele es gegen ein gebrauchsfähiges um.

Der Hauptbestandteil des Fernhörers ist ein polarisierter Elektromagnet, dessen Anker eine gespannte Eisenmembran bildet.

Antwort siehe Seite 21.

Die Aldern bestehen aus 18 Lahnfäden. Diese sind dünne Kupferstreifen, die um einen Glanzfaden gewickelt sind.

1. Unterbrechungen in d. Leitungsschnur.
2. Unterbrechungen in den Wicklungen der Polschuhe.
3. Verbiegungen oder Verrosten der Membran.

Antwort siehe Seite 21/22.

Magnetinduktoren sind Maschinen zur Erzeugung von Wechsel- oder Gleichströmen.

Antwort siehe Seite 23.

Man bestimmt die Richtung der induzierten Ströme nach der rechten Handregel.

Eine Periode ist der Stromverlauf während einer ganzen Umdrehung des Ankers eines Induktors.

Es werden Trommel- oder Ringanker verwendet.

Der Eisenkern ist nicht massiv, sondern besteht aus dünnen Eisenblechen, die durch Papierzwischenlagen voneinander getrennt sind.

Das Eisen des Elektromagneten einer Dynamomaschine besitzt etwas remanenten Magnetismus. Durch die Umdrehung wird daher in den Drahtwindungen des Ankers ein schwacher Strom erzeugt. Dieser Strom wird durch einen Kommutator gleichgerichtet und durch die Spulen der Elektromagnete gesandt. Hierdurch wird der Magnetismus verstärkt und er kann daher stärkere Ströme erzeugen, die wieder auf den Elektromagneten wirken, bis der Elektromagnet seine Höchstleistung erreicht hat. Diese Wechselwirkung nennt man das dynamoelektrische Prinzip.

Antwort siehe Seite 27.

Es gibt Hauptstrom-, Nebenschluß- und Verbundmaschinen sowie Dynamomaschinen mit Fremderregung.

Die Dynamomaschine mit Fremderregung erhält den Strom für die Elektromagnetrollen aus einer anderen Maschine oder einer Batterie.

Bei den Hauptstrommaschinen wird der ganze erzeugte Strom nach Gleichrichtung

Beschreiben Sie den dreilamelligen Kurbelinduktor M 98.

Wonach kann man die Richtung des Stromes in dem Induktor bestimmen?

Was nennt man eine Periode des Wechselstromes?

Welche Anker werden bei Dynamomaschinen verwendet?

Wie ist der Eisenkern der Anker beschaffen?

Was verstehen Sie unter dem dynamoelektrischen Prinzip?

Beschreiben Sie die einfachste Wechselstrommaschine.

Welche Arten v. Dynamomaschinen kennen Sie?

Welche Unterschiede haben diese Maschinen?

durch den Kommutator, bei den Nebenschlußmaschinen nur ein Teil dieses Stromes durch die Elektromagnetrollen gesandt. Die Verbundmaschinen haben zwei Wicklungen, von denen eine im Hauptstrom liegt, die andere, wie bei der Nebenstrommaschine, parallel geschaltet ist.

Was ist ein Wechselstrommotor?

Ein Wechselstrommotor ist eine Dynamomaschine, die nicht zur Erzeugung von Elektrizität, sondern von Kraft benutzt wird, indem man elektrischen Strom hineinsendet.

Läuft ein Wechselstrommotor von selbst an?

Der Wechselstrommotor muß mechanisch in Bewegung gesetzt werden. Es gibt aber auch einige Konstruktionen, z. B. die Drehstrommotoren, die von selbst anlaufen.

Darf man einen Gleichstrommotor sofort mit voller Stromstärke anlaufen lassen?

Dies darf nicht geschehen, da sonst der Anker beschädigt werden kann. Zur Inbetriebsetzung der Gleichstrommotoren dient daher der Anlasser, der allmählich Widerstand ausschaltet und den Strom langsam anwachsen läßt.

Wie erreicht man, daß ein Gleichstrommotor langsamer läuft?

Man schaltet Widerstand — am einfachsten durch den Anlasser — ein.

Ab schnitt IX. Umformer.

Wozu dient der Polwechsler?

Der Polwechsler verwandelt Gleichstrom in Wechselstrom. Er wird zur Erzeugung von Ruffströmen gebraucht.

Beschreiben Sie den Polwechsler neuerer Bauart (Schaltung und Wirkungsweise).

Antwort siehe Seite 30/31.

Welche anderen Umformer werden bei der DRP verwendet?

Es gibt noch Ein- und Zweiankerumformer, Signalmaschinen und die Gleichrichter.

Beschreiben Sie den Quecksilberdampfgleichrichter.

Antwort siehe Seite 32/33.

Ab schnitt X. Wärme- und Lichtwirkung des elektrischen Stromes.

Welche Leiter werden durch den elektrischen Strom erwärmt?

Die Leiter erster Klasse werden durch den elektrischen Strom erwärmt.

Wie lautet das Joulesche Gesetz?

In jedem von einem Strom durchflossenen Leiter steht die erzeugte Wärme im geraden Verhältnis zum Widerstande und der Zeit, sowie zum Quadrat der Stromstärke.

Erläutern Sie den Grundgedanken einer Schmelzsicherung.

Eine Schmelzsicherung enthält entweder einen Draht, der durch stärkere Ströme so stark erwärmt wird, daß er schmilzt und dadurch den Stromkreis öffnet, oder ein leicht schmelzbares Metall um einen dünnen Draht. In dies Metall ist ein Stift eingegossen, der nach Schmelzen des Metalls durch eine Feder herausgerissen wird, oder der sich dreht und dadurch eine Kontaktfeder fortschnellen läßt, so daß auch hier der Stromweg unterbrochen wird.

Weshalb sind die Grobsicherungen mit Schmirgelpulver gefüllt?

Das Schmirgelpulver soll die Bildung einer Funkenstrecke verhindern.

Beschreiben Sie die verschiedenen Arten von Glühlampen.

Antwort siehe Seite 34/35.

Desgleichen die Bogenlampe.

Antwort siehe Seite 35.

Ab schnitt XI. Elektrische Leistung.

Was ist Arbeit?

Arbeit ist Kraft mal Weg.

Nennen Sie Maßeinheiten für die Arbeit.

Die Maßeinheit für die Arbeit ist das Kilogrammmeter. 75 kgm in der Sekunde sind eine Pferdekraft.

Die Maßeinheit für die elektrische Arbeit ist das Volt-Ampère, auch Watt genannt. 1000 Watt nennt man ein Kilowatt.

Was verstehen Sie unter dem Effekt einer Maschine?

Wie ist das Verhältnis von Watt zur Pferdestärke?

Abchnitt XII. Grundlagen der drahtlosen Telegraphie und des drahtlosen Fernsprechens.

Was ist ein elektrischer Funke?

Wie entladet sich eine Leydener Flasche?

Wodurch werden diese Schwingungen hervorgerufen?

Womit beweist man, daß der Funke tatsächlich aus vielen Entladungen besteht?

Welche Arten von Wellen gibt es?

In welcher Wellenart bewegt sich die Elektrizität und das Licht?

Was versteht man unter Wellenlänge?

Womit hängt die Wellenlänge zusammen?

Welcher Apparat wurde bei der ersten drahtlosen Station zur Funkenerzeugung benutzt?

Der Effekt oder die Leistung einer Maschine ist die Kraft, welche die Maschine in jeder Sekunde nutzbar abgeben kann. Sie wird nach Watt gemessen.

Ein Watt ist 1,36 PS.

Ein elektrischer Funke ist die durch eine elektrische Entladung hervorgerufene Lichterscheinung.

Ein Kondensator entladet sich durch elektrische Schwingungen, welche dem Auge aber nur als ein Funke sichtbar sind.

Diese Schwingungen werden durch die Selbstinduktion und die Kapazität des Leiterkreises hervorgerufen.

Man photographiert den Funken in einem sich schnell drehenden Spiegel. Es erscheint dann ein Lichtband mit dunkeln Zwischenräumen.

Es gibt Transversal- und Longitudinalwellen.

Beide bewegen sich in Transversalwellen.

Wellenlänge ist die ganze Länge einer Welle vom Anfang über den höchsten und den tiefsten Punkt bis zum Ende.

Die Wellenlänge hängt mit der Geschwindigkeit zusammen, und zwar sind lange Wellen langsamer als kürzere Wellen.

Es wurde ein Funkeninduktor in Verbindung mit einem Kondensator und einer Funkenstrecke benutzt.

Wie lange springen die Funken bei einer solchen Station zwischen den Kugeln über?

Wovon hängt die Wellenlänge eines Senders ab?

Weshalb nennt man die Induktionspulen, die bei der drahtlosen Telegraphie benutzt werden „Verlängerungsspulen“?

Woraus besteht ein geschlossener Schwingungskreis?

Wann wird von einem offenen Schwingungskreise gesprochen?

Welcher Schwingungskreis strahlt stärker aus?

Wozu dient die Antenne?

Welche Arten von Antennen kennen Sie?

Welche Art ist die gebräuchlichste?

Was verstehen Sie unter einem gekoppelten Schwingungskreise?

Die Funkenbildung dauert so lange, wie man die Taste drückt. Man kann also Morsezeichen geben.

Die Wellenlänge hängt von der Kapazität und der Selbstinduktion des Senders ab. Sie ist bei der einfachen Station viermal so groß wie die Länge des Luftdrahtes.

Sie werden Verlängerungsspulen genannt, weil durch ihre Einschaltung in den Schwingungskreis die Wellenlänge vergrößert wird.

Ein geschlossener Schwingungskreis besteht aus der Funkenstrecke, dem Kondensator, der Induktionspule und den Verbindungsleitungen zwischen diesen Apparaten.

Ein offener Schwingungskreis entsteht, wenn man die Platten des Kondensators weit voneinander entfernt. Es können auch einfach lange Drähte an beiden Seiten der Funkenstrecke angebracht werden. Die elektrischen Schwingungen haben dann keinen geschlossenen Weg.

Der offene Schwingungskreis strahlt stärker aus.

Die Antenne soll die Wellen der Sendestation ausstrahlen und bei der Empfangsstation die ankommenden Wellen auffangen.

Es gibt: Einfach-, T-, L-, Schirm-, Doppelkonus-, Horizontal-, Erd- und Rahmenantennen.

Die T-Antenne ist die am meisten benutzte Art.

Wenn man die Schwingungen eines geschlossenen Schwingungskreises durch eine Induktionspule auf einen offenen Kreis überträgt, hat man es mit einer Koppelung zu tun. Diese Art der Koppelung ist die magnetische oder induktive Koppelung.

Was ist feste Koppelung?

Wann tritt zwischen zwei Schwingungssystemen Resonanz auf?

Beschreiben Sie den Fritter.

Wann tritt der Fritter in Tätigkeit?

Beschreiben Sie einen Kontaktdefektor.

Wie wirkt der Defektor?

Welche Arten von Schwingungen kennen Sie?

In welchem Schwingungskreis werden ungedämpfte Schwingungen erzeugt?

Wie werden ungedämpfte Schwingungen erzeugt?

Was ist eine Kathodenröhre?

Eine Koppelung ist desto fester, je mehr Kraftlinien der primären Spule durch die sekundäre gehen, also wenn die Spulen mit vielen Windungen dicht übereinander liegen.

Resonanzwirkungen zwischen zwei Schwingungssystemen treten auf, wenn sie so abgestimmt sind, daß sie beide die gleichen Wellen ausfenden würden, falls sie erregt werden. Bei derartiger Abstimmung wird ein System das andere zum Schwingen bringen.

Der Fritter besteht aus einer Glasröhre, die zwei silberne Kolben umschließt und zwischen diesen mit kleinen Körnern von Hartnickel gefüllt ist.

Der Fritter bietet gewöhnlich dem Strom einen sehr großen Widerstand. Wenn elektrische Wellen ihn durchströmen, wird er aber leitend.

Der Defektor besteht aus zwei verschiedenen Materialien, z. B. Bleiglanz und Kupferkies. Einer dieser Stoffe berührt nur mit einer Spitze die Fläche des anderen.

Der Defektor läßt nur eine Art von Strömen hindurch. Er wirkt also als Gleichrichter, indem er die Wechselströme zu einem Gleichstromstoß umwandelt.

Es gibt gedämpfte, schwach gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen.

Ein offener Schwingungskreis erzeugt ungedämpfte Schwingungen.

Sie werden erzeugt durch Lichtbogenfender, Hochfrequenzmaschinen und durch Kathodenröhren.

Eine Kathodenröhre ist eine Glasröhre, aus der die Luft bis zu ganz geringem Druck herausgesaugt ist. Sie hat drei Elektroden: die Kathode, die Anode und das sogenannte Gitter.

Wie heißen die von der Kathode ausgehenden Strahlen und was sind sie?

Welche Stromkreise sind in einer Kathodenröhre vorhanden?

Weshalb wird die Kathode geheizt?

Wie wirkt eine Kathodenröhre als Empfänger?

Was versteht man unter einer Rückkopplungsschaltung?

Diese Strahlen heißen Kathodenstrahlen. Sie sind ein Elektronenstrom.

Es sind dort vorhanden: der Heizstromkreis für die Kathode, der Stromkreis zwischen Kathode und Anode (Anodenstrom) und der Gitterstromkreis.

Wenn die Kathode glühend ist, dann ist der Elektronenstrom stärker.

Eine Kathodenröhre wirkt wie ein Relais. Es kann verglichen werden: der Gitterstrom dem primären Strom, der Elektronenstrahl dem Anker eines Relais und der Anodenstrom dem Ortsstromkreis, der durch den Anker geschlossen wird.

Der Schwingungskreis, der die Strahlen ausfenden soll, liegt im Anodenstromkreis. Er ist aber gleichzeitig durch eine Induktionsspule mit dem Gitterkreis gekoppelt, wirkt also auf sich selbst verstärkend. Da er durch diese Koppelung auf sich selbst zurück wirkt, heißt die Schaltung Rückkopplungsschaltung.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

